



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ**  
Instituto de Recursos Naturais – IRN  
Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento  
Territorial e Geomática - NEPA  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de  
Energia



**DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTA PARA OTIMIZAÇÃO DE  
ESTUDOS AMBIENTAIS**

**LEONARDO KENWORTHY BRANDÃO SILVA**

**ITAJUBÁ, DEZEMBRO DE 2016**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ**  
Instituto de Recursos Naturais – IRN  
Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento  
Territorial e Geomática - NEPA  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de  
Energia



**Leonardo Kenworthy Brandão Silva**

## **Desenvolvimento de Ferramenta para Otimização de Estudos Ambientais**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Ciências em Engenharia de Energia.

Área de Concentração: Planejamento e Gestão de Sistemas Energéticos.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Antônio Dupas.

**Dezembro de 2016**  
**Itajubá**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ**  
Instituto de Recursos Naturais – IRN  
Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento  
Territorial e Geomática - NEPA  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de  
Energia



Leonardo Kenworthy Brandão Silva

## Desenvolvimento de Ferramenta para Otimização de Estudos Ambientais

Dissertação submetida à banca examinadora em 14 de Dezembro de 2016, conferindo ao autor o título de **Mestre em Ciências em Engenharia de Energia**.

### **Banca Examinadora:**

Prof. Dr. Francisco Antônio Dupas (Orientador)

Prof. Dr. Edmilson Marmo Moreira

Prof. Dr. Luiz Felipe Silva

Prof. Dr. Luciana Botezelli

**Itajubá**  
**2016**

# AGRADECIMENTOS

Agradeço principalmente a Deus, por todas as conquistas que obtive até hoje.

Agradeço a toda minha família, especialmente minha mãe Paula, meu irmão Raphael e meus avós Fernando e Carmen. Agradeço a todos os momentos de apoio.

Agradeço meu orientador, professor Francisco Antônio Dupas por todo o conhecimento que me transmitiu, por todas as sugestões, por toda paciência e pela oportunidade de desenvolver este trabalho.

A todos meus verdadeiros amigos, que sempre me apoiaram, em especial, Diego Costa, Fernando Liberato e Tarcísio Liberato.

Agradeço a todos os meus colegas de mestrado, principalmente, Damiane Coelho, Fernanda Siqueira, Hélio Silva e Janine Neves.

À UNIFEI<sup>1</sup> e a todos os professores da pós-graduação, pela oportunidade de aprendizado.

À FAPEMIG<sup>2</sup>, por todo apoio financeiro fornecido durante o período do mestrado.

---

<sup>1</sup> <<http://www.unifei.edu.br/>>

<sup>2</sup> <<http://www.fapemig.br/>>

# RESUMO

O presente trabalho busca dar agilidade na análise de impactos ambientais por meio de uma ferramenta computacional, utilizando a linguagem de programação C#, banco de dados SQL Server e modelo cliente/servidor, para análise de empreendimentos potencialmente danosos ao meio ambiente. A ferramenta atende a Resolução CONAMA n º 001/1986 (BRASIL, 1986), servindo de apoio para análise e criação do Estudo de Impacto Ambiental, Estudo de Impacto de Vizinhança, Avaliação Ambiental Estratégica, além do processamento para o Índice de Qualidade da Água. A criação de atributos dos impactos, os meios que sofrem a ação dos impactos e as fases em que o empreendimento se encontra são flexíveis e podem ser compartilhadas entre diferentes modelos. Com a atribuição de pesos, relacionados aos atributos do impacto, é possível atribuir pesos a matriz de impacto ambiental, para cada meio e fase em que o impacto se encontra, sem/com a aplicação de medidas mitigadoras. O resultado pode ser visualizado através de gráficos, tabelas, mapas e relatórios. A ferramenta possibilita uma comparação dos impactos através de indicadores relacionados aos meios e as fases do projeto.

**Palavras-chaves:** Estudo de impacto ambiental. Estudo de impacto de vizinhança. Avaliação ambiental estratégica. Índice de qualidade das águas. Desenvolvimento de *software*. Impactos ambientais.

# ABSTRACT

The present work aims to give agility in the analysis of environmental impacts through a computational tool, using the programming language C#, SQL Server Database and client/server model, to analyze potentially damaging enterprises. The tool attends Resolution CONAMA n°001/1986 (BRASIL, 1986), serving as support for analysis and creation of environmental studies as Environmental Impact Assessment, Neighborhood Impact Assessment, Strategic Environmental Assessment and Water Quality Index. The creation of attributes of impacts, the middle and phases of project are flexible and can be shared among different models. By assigning weights, related to the attributes of the impact, it is possible to value the environmental impact matrix for each middle stage that the impact is, without / with the application of mitigation measures. The result can be displayed using charts, tables, maps and reports. The tool allows a comparison of impacts through indicators related to the middles and the phases of the project.

**Keywords:** Environmental impact assessment. Neighborhood impact assessment. Strategic environmental assessment. Water quality index. Software development. Environmental impact.

# LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Trabalhos em andamento na Serra da Mantiqueira . . . . .	14
Figura 2 – Matriz proposta por Barbosa (2004) e Barbosa e Dupas (2006) . . . . .	31
Figura 3 – Curvas médias de variação dos parâmetros (CETESB, 2011). . . . .	36
Figura 4 – Curvas de taxa de falhas real e idealizada . . . . .	44
Figura 5 – Modelo Sequencial Linear . . . . .	45
Figura 6 – Funcionamento do padrão ASP.NET MVC . . . . .	49
Figura 7 – Esquema da metodologia . . . . .	51
Figura 8 – Modelo de matriz de interação simplificada (BARBOSA, 2004) . . . . .	53
Figura 9 – Modelo Entidade x Relacionamento . . . . .	58
Figura 10 – Diagrama de classes proposto para o sistema . . . . .	59
Figura 11 – Diagrama de sequência - Método <i>Index</i> . . . . .	60
Figura 12 – Diagrama de sequência - Método <i>Details</i> . . . . .	60
Figura 13 – Diagrama de sequência - Método <i>Create</i> . . . . .	60
Figura 14 – Diagrama de sequência - Método <i>Edit</i> . . . . .	61
Figura 15 – Diagrama de sequência - Método <i>Delete</i> e <i>DeleteConfirmed</i> . . . . .	61
Figura 16 – Controle <i>AtributoController</i> . . . . .	62
Figura 17 – Controle <i>FaseController</i> . . . . .	62
Figura 18 – Controle <i>ImpactoController</i> . . . . .	63
Figura 19 – Controle <i>MatrizResultadoController</i> . . . . .	63
Figura 20 – Controle <i>MeioController</i> . . . . .	64
Figura 21 – Controle <i>ModeloEIAController</i> . . . . .	64
Figura 22 – Controle <i>PesoController</i> . . . . .	65
Figura 23 – Controle <i>RelatorioGeralController</i> . . . . .	65
Figura 24 – Controle <i>ResultadoController</i> . . . . .	66
Figura 25 – Classe <i>CalculoQualidadeAgua</i> . . . . .	67
Figura 26 – Classe <i>Misc</i> . . . . .	68
Figura 27 – Classe <i>FileInUse</i> . . . . .	68
Figura 28 – <i>View</i> inicial da aplicação . . . . .	69
Figura 29 – Menu <i>Variáveis Globais</i> . . . . .	69
Figura 30 – Menu <i>Manutenção de Modelos</i> . . . . .	69
Figura 31 – Menu <i>Manutenção de Meios</i> . . . . .	70
Figura 32 – Menu <i>Manutenção de Fases</i> . . . . .	70
Figura 33 – <i>View</i> para criação de um novo modelo. . . . .	71
Figura 34 – <i>View</i> para criação da escala de pesos. . . . .	71
Figura 35 – <i>View</i> para criação de um novo impacto. . . . .	72

Figura 36 – <i>View</i> para atribuição de pesos aos impactos. . . . .	73
Figura 37 – <i>View</i> para visualização e navegação dos resultados. . . . .	73
Figura 38 – Visualização do mapa do modelo. . . . .	74
Figura 39 – Visualização do vídeo do modelo. . . . .	74
Figura 40 – Visualização do mapa do impacto. . . . .	75
Figura 41 – Detalhes do impacto. . . . .	75
Figura 42 – Qualidade da água do impacto. . . . .	76
Figura 43 – Diagrama de Atividades - Etapas para a inclusão de um novo modelo. . . . .	77
Figura 44 – Bacia Hidrográfica do Rio Santo Antônio . . . . .	78
Figura 45 – Gráfico referente as fases do modelo PCH Ninho da Águia. . . . .	79
Figura 46 – Gráfico referente aos meios dos impactos do modelo PCH Ninho da Águia. . . . .	80
Figura 47 – Redução de unidades de impacto ambiental para cada impacto. . . . .	80
Figura 48 – Redução de unidades de impacto ambiental para cada impacto. . . . .	81



# LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Variáveis e respectivos pesos IQA . . . . .	35
Tabela 2 – Equações representativas das curvas de qualidade da NSF, elaboradas pela CETESB (SPERLING, 2007). . . . .	37
Tabela 3 – Interpretação do IQA pela NSF e CETESB . . . . .	38
Tabela 4 – Tabela <i>Modelo_EIA</i> . . . . .	54
Tabela 5 – Tabela <i>FASE</i> . . . . .	54
Tabela 6 – Tabela <i>MODELO_FASE</i> . . . . .	54
Tabela 7 – Tabela <i>MEIO</i> . . . . .	54
Tabela 8 – Tabela <i>MODELO_MEIO</i> . . . . .	55
Tabela 9 – Tabela <i>IMPACTO</i> . . . . .	55
Tabela 10 – Tabela <i>PESO</i> . . . . .	55
Tabela 11 – Tabela <i>ATRIBUTO</i> . . . . .	55
Tabela 12 – Tabela <i>VALOR</i> . . . . .	56
Tabela 13 – Tabela <i>PESO_VALOR</i> . . . . .	56
Tabela 14 – Tabela <i>MATRIZ_RESULTADO</i> . . . . .	56
Tabela 15 – Tabela <i>QUALIDADE_AGUA</i> . . . . .	57
Tabela 16 – Descrição da estrutura do projeto. . . . .	58
Tabela 17 – Escala de pesos. . . . .	79

# LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAE	Avaliação Ambiental Estratégica
AIA	Avaliação de Impacto Ambiental
AJAX	<i>Asynchronous Javascript and XML</i>
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CSS	<i>Cascade Style Sheet</i>
DOM	<i>Document Object Model</i>
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
EIV	Estudo de Impacto de Vizinhança
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
IIS	<i>Internet Information Services</i>
IQA	Índice de Qualidade das Águas
KML	<i>Keyhole Markup Language</i>
LI	Licença de Instalação
LINQ	<i>Language-Integrated Query</i>
LO	Licença de Operação
LP	Licença Prévia
MVC	<i>Model-View-Controller</i>
NEPA	<i>National Environmental Policy Act</i>
NSF	<i>National Sanitation Foundation</i>
ORM	<i>Object-Relational Mapping</i>
PCH	Pequenas Centrais Hidrelétricas
PPP	Políticas, Planos e Programas

$q_i$	Qualidade do i-ésimo parâmetro do cálculo IQA
RIA	<i>Rich Internet Applications</i>
RIAM	<i>Rapid Impact Assessment Matrix</i>
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SGBD	Sistema Gerenciador de Banco de Dados
SQL	<i>Structured Query Language</i>
UIA	Unidade de Impacto Ambiental
XML	<i>Extensible Markup Language</i>
$w_i$	Peso correspondente ao i-ésimo parâmetro do cálculo IQA

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
1.1	Justificativa	14
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>15</b>
2.1	Objetivo Geral	15
2.2	Objetivos Específicos	15
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>17</b>
3.1	Impacto Ambiental	17
3.1.1	Legislação Brasileira	19
3.1.1.1	Licenciamento Ambiental e Centrais Hidrelétricas	21
3.2	Impacto de Vizinhança	22
3.3	Avaliação de Impacto Ambiental	24
3.3.1	Metodologias AIA	26
3.4	Avaliação Ambiental Estratégica	33
3.5	Qualidade da Água	34
3.5.1	Cálculo do IQA	35
3.6	Uso da tecnologia da informação como agente de auxílio nos problemas ambientais	38
3.6.1	Uso de Modelos Ambientais e <i>Softwares</i> para EIA	39
3.7	Engenharia de <i>Software</i>	42
3.8	Orientação a Objetos	45
3.8.1	Benefícios da Orientação a Objetos	45
3.9	<i>Framework</i> ASP.NET	46
3.10	Linguagem JavaScript	47
3.10.1	Ajax e JQuery Ajax	47
3.10.2	Google Maps JavaScript API	48
3.11	Mapeamento Objeto-Relacional (ORM)	48
3.11.1	Microsoft <i>Entity Framework</i>	48
3.12	Padrões de Arquitetura de Projeto	49
3.12.1	Padrão MVC e Microsoft ASP.NET MVC	49
3.13	Banco de Dados Relacional	50
<b>4</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>51</b>
4.1	Materiais	51
4.2	Métodos	51
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E ANÁLISES</b>	<b>53</b>
5.1	Desenvolvimento do Modelo Lógico e Físico do banco de Dados	53
5.2	Desenvolvimento da Ferramenta	58

5.2.1	Camada de Dados: Mapeamento dos Dados . . . . .	59
5.2.2	Camada de Controle . . . . .	59
5.2.3	Classes Auxiliares . . . . .	66
5.2.4	Camada de Visão . . . . .	68
5.3	Etapas para a inclusão de um novo modelo ( <i>Workflow</i> ) . . . . .	76
5.4	Inclusão do Estudo de Impacto Ambiental: PCH Ninho da Águia . . . . .	78
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES . . . . .</b>	<b>83</b>
6.1	Recomendações para Trabalhos Futuros . . . . .	83
	<b>Referências . . . . .</b>	<b>85</b>
	<b>Apêndices . . . . .</b>	<b>90</b>
	<b>APÊNDICE A Relatório Gerado pela Ferramenta . . . . .</b>	<b>91</b>
	<b>Anexos . . . . .</b>	<b>121</b>
	<b>ANEXO A Resolução CONAMA 001/1986 . . . . .</b>	<b>122</b>
	<b>ANEXO B Estudos Realizados na Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Feijão . . . . .</b>	<b>127</b>

# 1 INTRODUÇÃO

O sucesso na realização da análise e avaliação de danos ambientais está diretamente relacionado com a qualidade dos dados adquiridos e com o método de avaliação adotado. Muitas vezes, um resultado adequado não é atingido devido à subjetividade existente no processo de avaliação em estudos ambientais.

Segundo Sánchez (2013), cada impacto gerado no meio físico é diferente para áreas onde os empreendimentos são inseridos, a análise de significância dos impactos é carregada de subjetividade e dificilmente poderia ser de outra forma, uma vez que a importância atribuída por cada indivíduo às alterações ambientais (impactos), vai depender da percepção que cada indivíduo tem sobre a importância do impacto em questão.

Uma forma de reduzir essa subjetividade é a realização do Estudo de Impacto Ambiental (EIA), Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV) e Avaliação Ambiental Estratégica (AAE), na fase de planejamento do empreendimento. A partir de tais estudos, pode-se identificar e avaliar os impactos que determinado projeto pode causar e prover medidas mitigadoras adequadas.

Ao analisar variáveis sobre os impactos ambientais relativos ao meio físico, biótico e antrópico é possível a obtenção de cenários para a implantação do projeto de uma forma sustentável do ponto de vista ambiental.

Segundo a legislação brasileira (CONAMA nº 001/1986), antes da realização de empreendimento potencialmente danoso ao meio ambiente, deve-se obter o licenciamento ambiental.

Visando uma maior agilidade para obtenção da licença ambiental e a redução da subjetividade em estudos ambientais, o presente trabalho auxilia o processo de análise, por meio de ferramenta para criação de modelos de matrizes de impacto ambiental.

Os resultados obtidos são visualizados de maneira clara por meio de gráficos, relatórios e mapas, nos quais é possível comparar indicadores após a aplicação de medidas mitigadoras.

O relatório consolidado gerado pela ferramenta, com os resultados após a inclusão do estudo ambiental, encontra-se no Apêndice A. Todos os estudos (finalizados e em andamento) relacionados com o planejamento de bacias hidrográficas são apresentados no Anexo B.

Além das informações existentes, esta pesquisa está inserida em um conjunto de demais dissertações que visam auxiliar na organização de informações úteis ao processo de planejamento e gestão da Serra da Mantiqueira e seu entorno, conforme pode ser visto na Figura 1.

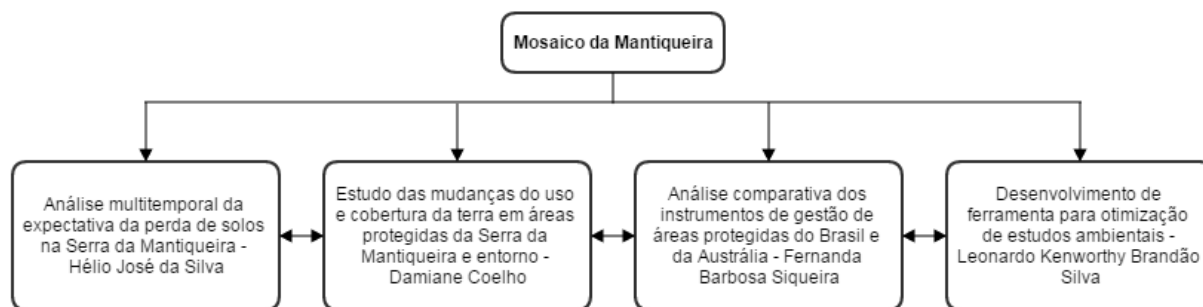


Figura 1 – Trabalhos em andamento na Serra da Mantiqueira

Fonte: Autor

## 1.1 Justificativa

O desenvolvimento de uma ferramenta que permita a análise dos impactos ambientais após a simulação da aplicação de medidas mitigadoras é de grande importância para os envolvidos em estudos ambientais, possibilitando avaliar como diferentes alternativas influenciam na redução do peso de um impacto.

O *software* desenvolvido confere uma tentativa para reduzir algumas fragilidades encontradas no licenciamento ambiental como: estudos que não são focados no diagnóstico, falta de foco no que realmente importa, ausência de dados e informações ambientais sistematizadas e falta de padronização na apresentação dos metadados.

A escolha da linguagem C# se deve pela simplicidade, segurança e bom desempenho, contando ainda com *framework open-source*. O banco de dados *SQL Server* é muito difundido, seguro e robusto, mantendo ótima compatibilidade com a plataforma .Net.

A ferramenta possibilita a inserção de estudos como EIA, EIV, AAE e IQA (Índice de Qualidade das Águas), para qualquer tipo de empreendimento potencialmente danoso ao meio ambiente, inclusive empreendimentos de geração elétrica. A fim de auxiliar a análise dos estudos, os locais dos impactos (e seus metadados) são visualizados através de imagens de satélites. Os resultados são mostrados de maneira interativa, através de mapas, gráficos e relatórios, bem como em formato impresso.

A agilidade na construção de matrizes oferece uma nova abordagem para a formulação e otimização do processo de estudo de impactos ambientais e, conseqüentemente, a obtenção do licenciamento ambiental, buscando uma diminuição da subjetividade nos estudos e permitindo uma análise para todas as fases e meios do empreendimento, sendo possível a realização do balanço das vantagens e desvantagens aplicando ou não as medidas mitigadoras a cada impacto identificado no estudo.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

O presente estudo tem como objetivo a construção de um *software* cliente/servidor, utilizando a linguagem C# e banco de dados SQL Server<sup>1</sup>, para otimização de estudos ambientais, possibilitando o preenchimento e simulação da matriz de impacto ambiental proposta por Barbosa e Dupas (2006), além da inclusão dos estudos EIA, AAE, EIV e IQA. Foi utilizado o EIA da PCH Ninho da Águia, localizada no município de Delfim Moreira (MG), como projeto piloto para demonstração da eficácia do sistema.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Possibilidade de incluir estudos ambientais dos tipos: EIA, AAE, EIV, além do cálculo do IQA;
- Reduzir a subjetividade em estudos de impacto ambiental através da informatização e troca de informações pelo software;
- Otimização do processo de obtenção das Licenças Prévia, de Instalação e Operação através da padronização dos dados;
- Possibilidade de comparação do peso de um impacto após a aplicação de medidas mitigadoras (simulações);
- Cadastro e manutenção do empreendimento, fases, meios, escala de pesos, atributos e impactos que compõem a matriz;
- Tela de resultados com os dados consolidados:
  - Gráficos relativos a redução UIA (Unidade de Impacto Ambiental) nas fases e meios do projeto, sendo possível a verificação de melhoras após aplicação de medidas mitigadoras;
  - Listagem com todos impactos, sendo possível visualização da diminuição de UIA para cada impacto, fase e meio. Visualização de imagem, vídeo, análise dos limites do impacto através das imagens de alta resolução do Google Earth;
  - Possibilidade navegação visual da área do empreendimento;
  - Possibilidade de análise visual dos limites do impacto. Cada área relativa ao seu respectivo impacto é classificada de acordo com seu peso;

---

<sup>1</sup> SQL Server é um sistema gerenciador de banco de dados relacional (SGBD), desenvolvido pela Microsoft e elaborado para o funcionamento em ambientes corporativos.



- Teste com EIA da PCH Ninho da Águia – Inserção da matriz na ferramenta;

## 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Toda a revisão bibliográfica necessária ao desenvolvimento do trabalho é apresentada neste capítulo, no qual são discutidos conceitos sobre impactos ambientais, legislação brasileira, impacto de vizinhança, avaliação de impacto ambiental, avaliação ambiental estratégica, qualidade da água, além de aspectos computacionais.

### 3.1 Impacto Ambiental

O mundo é afetado diretamente por impactos ambientais criados pelo homem, as dificuldades mais comuns são relacionadas ao consumo de recursos naturais e a grande produção de resíduos, resultando na destruição de habitats, aumento da poluição e a redução de substâncias essenciais ao homem.

A Resolução CONAMA nº 001/1986 define impacto ambiental como:

Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população;

II - as atividades sociais e econômicas;

III - a biota;

IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;

V - a qualidade dos recursos ambientais. (BRASIL, 1986)

Várias definições para impacto ambiental são encontradas na literatura técnica, a ideia central é basicamente a mesma, alguns exemplos são:

“Qualquer alteração no meio ambiente em um ou mais de seus componentes provocada por ação humana” (MOREIRA, 1992, p. 113).

“A mudança em um parâmetro ambiental, em um determinado período e numa determinada área, que resulta de uma dada atividade, comparada com a situação que ocorreria se essa atividade não tivesse sido iniciada” (WATHERN; GESELLSCHAFT, 1988, p. 7).

De acordo com Coelho (2001, p. 25), impacto ambiental é:

(...) o processo de mudanças sociais e ecológicas causado por perturbações (uma nova ocupação, e/ou construção de um objeto: uma usina, uma estrada ou indústria) no ambiente. Diz respeito ainda a evolução conjunta das condições sociais e ecológicas estimulada pelos impulsos das relações entre forças externas e internas à unidade espacial e ecológica, histórica ou socialmente determinada. É a relação entre sociedade e natureza que se transforma diferencial e dinamicamente, alterando as estruturas das classes sociais e reestruturando o espaço.

Segundo Queiroz (1999), o impacto ambiental também se enquadra em uma relação causa-efeito, onde o impacto ambiental pode ser definido como a diferença entre a situação do meio ambiente atual e após a realização de um empreendimento, onde, segundo Moreira (1992), deve-se levar em consideração fatores como político, técnico e social e não apenas as consequências da ação humana. Na visão de Sánchez (2013), impacto ambiental pode ser originado por ação humana que acarrete em:

1. Supressão de elementos do ecossistema, como:
  - a) Destruição total de habitats;
  - b) Destruição de elementos físicos visuais;
  - c) Supressão de elementos significativos do ambiente construído;
  - d) Destruição de locais físicos à memória;
  - e) Supressão de componentes valorizados do ambiente.
2. Introdução de elementos no ambiente, como:
  - a) Inserção de espécie exótica;
  - b) Inserção de construções físicas.
3. Fatores de estresse, como:
  - a) Poluentes;
  - b) Inserção de espécie exótica;
  - c) Diminuição do habitat e/ou recursos para determinada espécie;
  - d) Aumento de busca por serviços públicos.

Ainda, segundo o mesmo autor, é importante salientar que o impacto ambiental é o resultado de uma ação ou atividade e não a ação em si.

No que diz respeito à geração de energia elétrica, esta sempre provoca algum efeito no meio ambiente, porém, cada empreendimento possui suas particularidades, alguns exemplos incluem:

- Usinas hidrelétricas: Impactos sociais e ambientais com relação ao represamento do rio (BAXTER, 1977; FEARNSIDE, 2001);
- Termoelétricas a carvão: Emissão de gases de efeito estufa (CARLSON; ADRIANO, 1993; MISHRA, 2004);
- Eólicas: Poluição visual, sonora, efeitos na migração de pássaros (DREWITT; LANGSTON, 2006; SAIDUR et al., 2011; MÖLLER, 2006);
- Nuclear: Produção de rejeitos radiativos, risco de acidentes (BUESSELER; AOYAMA; FUKASAWA, 2011; MCCORMICK, 1981).

### 3.1.1 Legislação Brasileira

De acordo com Araújo (2002), o licenciamento ambiental é o procedimento administrativo por meio do qual o órgão ambiental competente licencia a implantação, ampliação e operação de empreendimentos potencialmente causadores de degradação ambiental. Ele é efetivado perante um dos órgãos que compõem o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), na maior parte dos casos o órgão seccional (estadual).

Nas licenças ambientais são estabelecidas condições para que o empreendedor implante, amplie ou opere o empreendimento sob sua responsabilidade.

Ainda, segundo Araújo (2002), um ponto importante a ser destacado é que a licença ambiental não tem caráter definitivo, há previsão de prazo de validade para os diferentes tipos de licença e de monitoramento permanente do empreendimento. Após despachadas as licenças, o acompanhamento é realizado sistematicamente e poderá ser cobrado administrativamente ou judicialmente. No caso de descumprimento, a licença pode ser suspensa ou cancelada.

O EIA foi introduzido no Brasil pela Lei Federal nº 6803/1980 (BRASIL, 1980), que em seu artigo 10º torna obrigatória a apresentação de estudos especiais de alternativas e de avaliações de impacto para a localização de polos petroquímicos, cloroquímicos, carboquímicos e instalações nucleares.

O licenciamento ambiental surgiu com a Lei Federal nº 6938/1981 (BRASIL, 1981), que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, em seu artigo 9º cita “o licenciamento e a revisão das atividades efetivas ou potencialmente poluidoras” como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. O artigo 10º da mesma lei cita:

A construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva e potencialmente poluidoras, bem como os capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, dependerão de prévio licenciamento de órgão estadual competente, integrante do Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA, e do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, em caráter supletivo, sem prejuízo de outras licenças exigíveis. (BRASIL, 1981)

Com a regulamentação da Lei nº 6938/1981, pelo Decreto nº 88.351/1983, os três tipos de licença ambiental devem ser observados:

- Licença Prévia (LP): concedida na fase de planejamento do projeto, contém os requisitos básicos a serem atendidos nas fases de localização, instalação e operação, os quais deverão orientar o projeto executivo;
- Licença de Instalação (LI): concedida com base no projeto executivo aprovado, autoriza o início de implantação do empreendimento;
- Licença de Operação (LO): concedida após a verificação da compatibilidade da instalação como previsto na LP e na LI, autoriza a operação do empreendimento.

Os três tipos de licença foram mantidos com o Decreto n° 99.274/1990 que substituiu o decreto n° 88.351/1983.

As normas sobre o EIA aparecem apenas na Resolução CONAMA n° 001/1986, onde esta estabeleceu a exigência de elaboração de Estudo de Impacto Ambiental e respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) para o licenciamento de diversas atividades modificadoras do meio ambiente, bem como as diretrizes e atividades técnicas para sua execução.

De acordo com o artigo 7° dessa Resolução, o EIA/RIMA deve ser realizado por equipe multidisciplinar habilitada, não dependente direta ou indiretamente do proponente do projeto e que será responsável tecnicamente pelos resultados apresentados. Os custos referentes à realização do EIA/RIMA correrão à conta do proponente (art. 8°).

O artigo 2° define que o EIA/RIMA deve ser submetido à aprovação do órgão estadual competente e, em caráter supletivo, do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). A este cabe, também, a aprovação do EIA/RIMA para o licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente que, por lei, seja de competência federal.

Os artigos 10° e 11° estabelecem os procedimentos para manifestação de forma conclusiva do órgão estadual competente ou do IBAMA ou, quando couber, do Município, sobre o RIMA apresentado. Sempre que julgarem necessário, esses órgãos realizarão Audiência Pública para informar sobre o projeto e seus impactos ambientais e discutir o RIMA (IBAMA, 1995).

Segundo Hoffman (2015), em consultoria realizada a pedido do Senado Federal, na visão dos empreendedores, as seguintes críticas são atribuídas ao licenciamento ambiental e são fatores à serem considerados, são elas:

1. Estudos extensos, de baixa qualidade e focados no diagnóstico;
2. Excesso de condicionantes e falta de acompanhamento de sua efetividade;
3. Falta de foco no que realmente importa;
4. Falta de visão holística do processo de AIA e desconsideração dos impactos positivos dos empreendimentos;
5. Falta de marco regulatório para as questões sociais e condicionantes que extrapolam as obrigações do empreendedor;
6. Multiplicidade de atores com poder discricionário;
7. Postergação de estudos e condicionantes em diferentes fases do licenciamento;
8. Frequente judicialização dos processos;
9. Medo dos analistas ambientais de responderem a processo criminal;
10. Ausência de Avaliação Ambiental Estratégica;
11. Ausência de dados e informações ambientais sistematizadas;
12. Excesso de atos normativos;

13. Falta de estrutura e pessoal nos órgãos ambientais;
14. Excesso de burocracia, gestão arcaica.

Ainda, segundo mesmo autor, o licenciamento ambiental encontra-se hoje em um quadro de crise institucional e normativa, a falta da divisão explícita de responsabilidades tem levado o instrumento a incorporar funções atípicas e impróprias.

Para ABEMA (2013), sem o apoio de mecanismos como a Avaliação Ambiental Integrada, a Avaliação Ambiental Estratégica, o Zoneamento Ambiental, o Monitoramento Contínuo da Qualidade Ambiental e os Planos Diretores de Bacias Hidrográficas o licenciamento ambiental está perdendo sua finalidade como instrumento para aferir impactos ambientais, tornando-se uma prática cartorial.

Hoffman (2015) considera algumas propostas para a solução das fragilidades encontradas no licenciamento ambiental, como:

- Informatizar o processo de licenciamento;
- Adotar metodologia de gestão da informação;
- Consolidar as normas referentes a licenciamento ambiental;
- Capacitar os analistas ambientais em ferramentas que estimulem a análise integrada;
- Implementar práticas de trabalho que favoreçam a análise interdisciplinar;
- Padronizar e informatizar o envio de informações ambientais dos empreendedores aos órgãos ambientais;
- Definir metodologia para apresentação dos metadados que embasam os estudos ambientais e monitoramentos realizados pelo empreendedor;
- Adotar metodologia de gestão de projeto nas fases de LP e LI e auditoria de sistema de gestão para a fase de LO.

#### 3.1.1.1 Licenciamento Ambiental e Centrais Hidrelétricas

Segundo Facuri (2004), nos editais de usinas hidrelétricas consta que é de responsabilidade da concessionária providenciar a obtenção das licenças ambientais. Diante das dificuldades enfrentadas para obtenção das licenças dentro do prazo estipulado, o processo de licenciamento ambiental tem se mostrado como uma grande preocupação para o setor elétrico.

O licenciamento ambiental não deve ser compreendido como um fator de restrição para viabilizar empreendimentos no setor elétrico, mas deve ser visto como um instrumento de apoio e controle ao planejamento e gestão ambiental.

Uma das causas para a lentidão no atendimento de solicitações de licenciamento ambiental, principalmente no setor elétrico, é a carência de recursos humanos e materiais nos órgãos de meio ambiente, estaduais e federais.

Segundo a autora, uma forma de agilizar o licenciamento ambiental em projetos de geração de energia elétrica é a capacitação dos técnicos responsáveis pela análise dos estudos e a realização de diagnóstico ambiental de bacias hidrográficas em parceria com entidades do setor elétrico, com o objetivo de obter maiores informações sobre as áreas de influência do empreendimento.

Para a adequação do planejamento do setor elétrico às políticas ambientais, apoiadas em uma legislação ambiental moderna, em constante aprimoramento, é necessário que os órgãos responsáveis pela expansão do setor elétrico tratem o assunto de forma prioritária.

Para Pedreira (2004), no caso das PCH's, as dificuldades enfrentadas para a obtenção das licenças ambientais são resultados, principalmente, da falta de capacidade técnica e da falta de articulação entre os órgãos responsáveis, falta de prática entre os atores envolvidos e conflito existente na legislação, que prevê um licenciamento simplificado para este tipo de empreendimento.

A mesma autora afirma que para otimizar o processo de licenciamento ambiental, deve-se aumentar o corpo técnico dos órgãos, realizar contratação de consultorias especializadas em elaboração de estudos ambientais, implantar sistemas integrados de informações ambientais, realizar programas de comunicação social na fase de planejamento, realizar pesquisas mais detalhadas para análise do volume a ser outorgado para cada bacia e a imposição de prazos aos órgãos e empreendedores.

É importante destacar que o maior objetivo do licenciamento ambiental é conciliar o desenvolvimento econômico com a preservação do meio ambiente.

## 3.2 Impacto de Vizinhança

Para o correto entendimento do impacto de vizinhança, é necessário diferenciá-lo do impacto ambiental.

Para Rocco (2006) a diferença entre impacto ambiental e impacto de vizinhança pode ser explicada como: “Impacto ambiental é a alteração do equilíbrio do ecossistema natural e impacto de vizinhança é a alteração do equilíbrio do ecossistema artificial – formador das relações humanas”.

Ainda segundo mesmo o autor, o impacto ambiental acontece quando o homem realiza alterações no habitat, com a finalidade de sobreviver nele. Após o homem encontrar-se em equilíbrio com o ambiente, em condições de conforto, adequação às atividades e habitação, ele realiza uma nova modificação, alterando o equilíbrio e dando origem a um impacto de vizinhança.

De acordo com Moreira (1997), a interação entre uma atividade instalada no ambiente e sua vizinhança ocorre da seguinte maneira:

Qualquer atividade instalada numa determinada localidade urbana, se relaciona com sua vizinhança como usuária de equipamentos de infraestrutura urbana (redes de água, esgoto, energia elétrica, gás, telefones, etc.); como usuária de equipamentos de comércio e serviços – inclusive transportes; como produtora de

bens e serviços - inclusive habitação; e como consumidora de recursos naturais – ar, água, solo, etc.

Com a evolução da sociedade e a concentração da população nos meios urbanos, houve necessidade de regulação do chamado ambiente artificial. O instrumento que melhor atendeu a esse objetivo foi o Estatuto da Cidade. Antes de sua criação, eventuais impactos ambientais nos meios urbanos eram solucionados via Estudo de Impacto Ambiental (EIA).

Segundo o Estatuto da Cidade (BRASIL, 2001), uma Lei Municipal definirá os empreendimentos e atividades privadas ou públicas, em área urbana, que dependerão de elaboração do Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV) para obter as licenças ou autorizações de construção, ampliação ou funcionamento. Dessa maneira, passou-se a ter um instrumento de avaliação específico para o meio urbano, mais eficaz e condizente com a complexa realidade urbana.

O EIV é um documento composto de vários laudos multidisciplinares que indicam pontos positivos e negativos em relação a empreendimentos potencialmente danosos ao meio ambiente, além de indicar medidas a serem tomadas com o objetivo de reduzir seus impactos (VIEIRA, 2012).

Para Soares (2002), o EIV pode ser definido como “um destes instrumentos que permitem a tomada de medidas preventivas pelo ente estatal a fim de evitar o desequilíbrio urbano e garantir condições mínimas de ocupação dos espaços habitáveis, principalmente nos grandes centros.”

O EIV é um documento técnico que deve ser elaborado previamente à emissão das licenças ou autorizações de construção, ampliação ou funcionamento de empreendimentos privados ou públicos, em princípio, em área urbana.

Rech e Rech (2010, p. 199) descreve o Estudo de Impacto de Vizinhança como:

(...) um instrumento que está previsto nos arts. 36 e 37 do Estatuto da Cidade, mas que, para ser utilizado pelo município deve ser regulamentado pelo Plano Diretor, como forma de avaliar e evitar consequências que um determinado empreendimento ou medida causará no cotidiano da convivência da cidade, mesmo que esse empreendimento esteja previsto naquele zoneamento ou seja perfeitamente legal, pelas normas urbanísticas.

O EIV se difere do EIA da seguinte maneira: o EIA visa o licenciamento ambiental e se destina a identificar recursos ambientais e suas interações, considerando os meios físico, biológico e socioeconômico. Nesse, avaliam-se também a melhor localização e a alternativa tecnológica, considerando as medidas mitigadoras e compensatórias. O EIV, por sua vez, visa ao licenciamento urbanístico e se destina a empreendimentos de impacto significativo no espaço urbano, não existindo limitação de extensão territorial ou de área construída. Sua finalidade é diagnóstico-ambiental e socioeconômico, além de instruir e assegurar ao Poder Público a capacidade do meio urbano de comportar determinado empreendimento.

Conforme afirma Mukai (2001), “enquanto o EIA é exigível somente nos casos em que haja, potencialmente, significativa degradação do meio ambiente, o EIV é exigível em qualquer caso, independente da ocorrência ou não de significativo impacto de vizinhança.”



Para elaboração do EIV, Seguin (2002) afirma que algumas questões devem ser analisadas, como:

- Adensamento populacional;
- uso e ocupação do solo;
- valorização imobiliária;
- geração de tráfego e demanda por transporte público;
- ventilação e iluminação;
- paisagem urbana e patrimônio natural e cultural.

### 3.3 Avaliação de Impacto Ambiental

Segundo Moreira (1992, p. 33), o AIA pode ser definido como:

Um instrumento de política ambiental formado por um conjunto de procedimentos capaz de assegurar, desde o início do processo, que se faça um exame sistemático dos impactos ambientais de uma ação proposta (projeto, programa, plano ou política) e de suas alternativas, e que os resultados sejam apresentados de forma adequada ao público e aos responsáveis pela tomada de decisão, e por eles devidamente considerados. Além disso, os procedimentos devem garantir adoção de medidas de proteção do meio ambiente determinadas no caso de decisão sobre implantação do projeto.

É importante diferenciar a AIA do EIA, enquanto os métodos e técnicas de AIA são mais abrangentes quando utilizadas em programas e planos de grande porte, o EIA se destina especificamente a auxiliar na decisão política de licenciar ou não um determinado empreendimento.

O EIA pode ser considerado como uma ferramenta para o licenciamento ambiental. Segundo Milaré (2000) o Estudo de Impacto Ambiental pode ser definido como:

Um dos elementos do processo de avaliação de impacto ambiental. Trata-se de execução, por equipe multidisciplinar, das tarefas técnicas e científicas destinadas a analisar, sistematicamente, as consequências da implantação de um projeto no meio ambiente, por meio de métodos de AIA e técnicas de previsão dos impactos ambientais.

Os paradigmas da Avaliação de Impacto ambiental foram estabelecidos em 1969, nos Estados Unidos, durante a aprovação do *National Environment Policy Act*<sup>1</sup> (NEPA).

A finalidade do NEPA era determinar uma política com o propósito de: desenvolver um equilíbrio entre a sociedade e o meio ambiente, reduzir ou excluir danos ao meio ambiente, incentivar o bem-estar humano, engrandecer os conhecimentos acerca dos sistemas ecológicos e recursos naturais, além de criar o *Council on Environmental Quality*<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> NEPA - Lei Nacional de Política Ambiental

<sup>2</sup> Conselho de Qualidade Ambiental

A NEPA exige que as agências federais realizem estudos para avaliação dos efeitos ambientais de suas ações propostas antes de tomar decisões.

Inicialmente criada para utilização em projetos do governo, a AIA chamou a atenção também no setor privado, que necessitavam de autorização ou financiamento do governo americano (ROHDE; MOREIRA, 1999).

Após intensa pressão, instituições financeiras ao redor do mundo começaram a solicitar a adesão às diretrizes do NEPA, bem como, passaram a encorajar o treinamento científico e institucional. Segundo Rohde e Moreira (1999), além de treinamento, os agentes financeiros forneciam informações técnicas, equipamentos para coleta e observação de dados ambientais, entre outras facilidades.

A NEPA serviu de modelo para a elaboração de leis ambientais em diversos países.

Segundo Sánchez (2013), o objetivo da avaliação de impacto ambiental é considerar os impactos ambientais antes de se tomar decisão que possa acarretar em degradação da qualidade do meio ambiente. Para desempenhar esse papel, a AIA é organizada de forma a que seja realizada uma série de atividades sequenciais, concatenadas de maneira lógica. Em geral, esse processo é objeto de regulamentação, que define detalhadamente os procedimentos a serem seguidos, de acordo com os tipos de atividades sujeitos à elaboração prévia de um estudo de impacto ambiental, o conteúdo mínimo desse estudo e as modalidades de consulta pública, entre outros assuntos.

A Resolução CONAMA nº 001/1986 em seu artigo 6º indicam as atividades que compõem um AIA:

I - Diagnóstico ambiental da área de influência do projeto completa descrição e análise dos recursos ambientais e suas interações, tal como existem, de modo a caracterizar a situação ambiental da área, antes da implantação do projeto, considerando:

a) o meio físico - o subsolo, as águas, o ar e o clima, destacando os recursos minerais, a topografia, os tipos e aptidões do solo, os corpos d'água, o regime hidrológico, as correntes marinhas, as correntes atmosféricas;

b) o meio biológico e os ecossistemas naturais - a fauna e a flora, destacando as espécies indicadoras da qualidade ambiental, de valor científico e econômico, raras e ameaçadas de extinção e as áreas de preservação permanente;

c) o meio sócio-econômico - o uso e ocupação do solo, os usos da água e a sócio-economia, destacando os sítios e monumentos arqueológicos, históricos e culturais da comunidade, as relações de dependência entre a sociedade local, os recursos ambientais e a potencial utilização futura desses recursos.

II - 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 médio e longo prazos, temporários e permanentes; seu grau de reversibilidade; suas propriedades cumulativas e sinérgicas; a distribuição dos ônus e benefícios sociais.

III - Definição das medidas mitigadoras dos impactos negativos, entre elas os equipamentos de controle e sistemas de tratamento de despejos, avaliando a eficiência de cada uma delas.

IV - Elaboração do programa de acompanhamento e monitoramento (os impactos positivos e negativos, indicando os fatores e parâmetros a serem considerados. (BRASIL, 1986)

Para Clarck (1994) e Moreira (1992), as fases mais importantes do processo são:

1. **Triagem:** descreve as atividades que devem participar do AIA, estas atividades dependem da legislação em vigor e procedimentos do órgão ambiental.
2. **Escopo:** descrevem pontos principais que devem ser incluídas nos estudos de AIA, identificando aspectos relevantes. No Brasil utiliza-se o Termo de Referência com o objetivo de orientar equipe técnica no desenvolvimento de suas atividades.
3. **Estudos de AIA:** Nesta etapa é realizada a identificação, mensuração e interpretação dos impactos, através de metodologia AIA, bem como, a sugestão de medidas mitigadoras.
4. **Resultados:** Discussão dos resultados do estudo, interação com os envolvidos como, órgãos ambientais, governo e população impactada.
5. **Aprovação e Recomendações:** Aprovação do projeto e alterações para implantação e operação.
6. **Implantação:** Implantação das medidas de compensação propostos para redução dos danos.
7. **Auditoria:** Aferição da ocorrência de impactos previstos e na implantação das medidas de compensação.

É importante definir os atores que farão parte do processo, como maneira de garantir a qualidade dos estudos. De acordo com Moreira (1992), os atores envolvidos são:

1. Empresa ou órgão do governo que deseja desenvolver atividade;
2. Administração pública responsável pela aprovação da atividade;
3. Empresa ou equipe técnica, vinculada ao empreendedor, responsável pelos estudos de AIA;
4. Equipe técnica vinculada a órgão ambiental, responsável pela análise, revisão e aprovação dos estudos;
5. Outros órgãos do governo referentes ao processo de aprovação;
6. População afetada indiretamente ou diretamente pelo empreendimento;
7. ONG's, associações, etc.

### 3.3.1 Metodologias AIA

Segundo a definição de Moreira (1992), os Métodos AIA são “mecanismos estruturados para coletar, analisar, comparar e organizar informações e dados sobre impactos ambientais de uma proposta, incluindo os meios para apresentação escrita e visual dessas informações.”

As principais metodologias podem ser classificadas como (BASTOS; ALMEIDA, 2000; MOREIRA, 1992; ROVERE, 2001; MAIA, 1992):

### **Metodologias Espontâneas (*Ad Hoc*)**

Elaborados para um projeto específico. Realizados por meio de reuniões com equipe multidisciplinar com *know-how* na área, com o objetivo de levantar aspectos ambientais, sintetizando-os por meio de tabelas ou matrizes.

### **Listagens de Controle (*Checklist*)**

Evolução do método *Ad Hoc*, especialistas produzem listagens com fatores ambientais que podem ser afetados pelas ações propostas. Segundo Maia (1992), as listagens de controle podem ser classificadas como:

- Simples: Elencam-se fatores ambientais e, eventualmente, seus respectivos indicadores.
- Descritivas: Lista dos fatores ambientais e descrição para análise dos impactos. É possível valoração numérica para cada fator ambiental.
- Escalares: Determina uma escala de valores para os fatores e impactos ambientais, facilitando comparações e classificação dos impactos.
- Em questionário: Perguntas divididas em categorias são compostas, para identificação e classificação dos impactos.
- Ponderáveis: Como as escalares, adicionando o grau de importância dos impactos.

Para Rovere (2001), apesar de representarem uma forma resumida e organizada de relacionar impactos, os métodos *checklist*, são simples e estáticos, não evidenciando inter-relações entre os fatores ambientais.

### **Matrizes de Interação**

De acordo com Rovere (2001), as Matrizes de Interação são técnicas bidimensionais que relacionam ações com fatores ambientais. Entre as matrizes mais difundidas está a matriz de Leopold, elaborada em 1971, a pedido do Serviço Geológico do Ministério do Interior dos Estados Unidos.

A Matriz de Leopold é composta de 100 colunas, onde estão representadas as ações do projeto e 88 linhas relacionadas com os fatores ambientais, gerando um total de 8800 células de interação. Porém, com a dificuldade de se trabalhar com este elevado número de células, geralmente trabalha-se com matrizes reduzidas, com 100 ou 150 células, das quais, geralmente, 50 são significativas.

O princípio consiste em assinalar as interações entre ações e fatores, em seguida estabelece-se a magnitude e importância, em uma escala entre 1 a 10, identificando se é positivo ou negativo.

Segundo Bastos e Almeida (2000), as matrizes atuais, são baseadas na matriz de Leopold e correspondem a uma listagem bidimensional para a identificação de impactos, permitindo a atribuição de valores da magnitude e importância para cada impacto.

Os impactos positivos e negativos para cada meio (físico, biótico e antrópico) são alocados no eixo vertical da matriz (linhas), de acordo com as fases do empreendimento (planejamento, implantação e operação) que estão alocadas no eixo horizontal da matriz (colunas).

Os impactos estão relacionados com seus respectivos atributos.

Um impacto possui valores nominais (como alto, médio e baixo) ou valores ordinais (como primeiro, segundo e terceiro, estabelecendo uma hierarquia).

Os atributos dos impactos, em conjunto com suas escalas nominais e ordinais possibilitam um aprimoramento na análise qualitativa, esses atributos e escalas são descritas a seguir:

- Tipo de ação:
  - Primária: Definidas como uma ação causa-efeito;
  - Secundária: Reação secundária em relação à ação;
  - Enésima: Parte de cadeia de reações, ou, relação enésima em relação à ação.
- Ignição:
  - Imediata: Efeito surge simultaneamente com a ocorrência da ação;
  - Médio e longo prazo: Quando o efeito surge com certa defasagem de tempo em relação à ação;
- Sinergia e criticidade:
  - Alta: Alto nível de interatividade entre os fatores;
  - Média: Médio nível de interatividade entre os fatores;
  - Baixa: Baixo nível de interatividade entre os fatores;
- Extensão:
  - Local: Onde afeta apenas a área do projeto em questão;
  - Regional: O local afetado extrapola os limites do projeto;
  - Estratégico: O local afetado se localiza fora da área de influência do projeto, com importância coletiva.
- Periodicidade:
  - Permanente: Os efeitos se manifestam enquanto durar a ação;
  - Variável: Não há conhecimento preciso de quanto irá durar o efeito;
  - Temporária: Duração limitada do efeito.

- Intensidade: são definidas pela quantificação da ação impactante:
  - Alta;
  - Média;
  - Baixa.

As escalas nominais e ordinais são definidas para determinar a magnitude e importância dos impactos.

Para Bastos e Almeida (2000), magnitude é a medida da gravidade de alteração do valor de um impacto ambiental. A soma dos valores de extensão, periodicidade e intensidade refletem a magnitude do impacto. A importância mensura a significância do impacto. A soma dos valores de ação, ignição e criticidade refletem a importância do impacto.

A Matriz de Leopold contempla, de forma relativamente completa, os fatores biológicos, físicos e antrópico.

Algumas desvantagens da matriz proposta por Leopold são, por exemplo, não estabelecer um sistema para centrar a atenção nos aspectos mais críticos ou de maior impacto ambiental; não distinguir entre efeitos de curto e longo prazo.

Outra matriz difundida mundialmente é a RIAM (*The Rapid Impact Assessment Matrix*<sup>3</sup>), desenvolvida por Pastakia e Jensen (1998).

Segundo os autores, a ferramenta foi criada para organizar, analisar e apresentar resultados de um estudo de impacto ambiental (EIA).

A matriz RIAM permite a análise e reanálise dos componentes selecionados de uma maneira rápida.

A RIAM é capaz de comparar julgamentos realizados em diversos setores. A escala da RIAM permite que dados quantitativos e qualitativos sejam avaliados.

O método RIAM é baseado em uma definição padrão dos critérios de avaliação mais importantes, bem como, o meio pelo qual os valores semiquantitativos para cada um destes critérios podem ser recolhidos, para fornecer uma avaliação rigorosa e independente para cada condição. Os impactos das atividades do projeto são avaliados contra os fatores do ambiente, e para cada fator uma pontuação é determinada (utilizando critérios definidos), esta pontuação fornece uma medida do impacto esperado.

Segundo Almeida et al. (2008), um tipo de matriz muito utilizada no Brasil é a Matriz Referencial de Impactos Ambientais, sua vantagem é a praticidade e aceitação pelos órgãos ambientais.

A matriz é construída com base nas características atuais da região de implantação e é aplicada a dinâmica dos componentes ambientais.

A referida matriz identifica os impactos ambientais mais significativos e/ou críticos em cada meio – biológico, físico e antrópico.

<sup>3</sup> RIAM - Matriz de Avaliação de Impacto Rápido

O diagnóstico e prognóstico são analisados separadamente, sendo avaliado, primeiramente, sem considerar o projeto como existente, analisando-se as opções existentes de localização.

As fases do projeto para análise são implantação e operação. A análise quantitativa referente à matriz será iniciada a partir da avaliação das interações ambientais, incidentes em cada fase do projeto e em cada meio, adotando valores empíricos. Dessa forma, o Meio Natural será expresso pelos elementos biológicos e físicos, contidos dentro da área de estudo, observando-se as características que expressam a dinâmica dos ecossistemas .

O meio antrópico considera os aspectos que englobam a ação do homem na região, os assentamentos humanos e dependências socioeconômicas, culturais e históricas.

Os critérios dos impactos podem ser visualizados por meio de matrizes, onde é possível realizar uma avaliação global e multidisciplinar. Cada fator ambiental tem sua magnitude avaliada e é analisada por um especialista da área. Também são utilizadas as características de ordem, espaço e tempo (impacto direto ou indireto; local, regional ou estratégico; curto, médio ou longo prazo; temporário, permanente ou cíclico; reversível ou irreversível)

Em estudo sobre metodologia para a avaliação de impactos ambientais da mineração, Singer (1985) verificou a necessidade de analisar a redução no nível de impacto ambiental após a adoção de medidas mitigadoras. Para atingir o objetivo, Singer identificou para cada atividade, os efeitos potenciais sobre as variáveis ambientais, então criou uma escala pré-definida para quantificar a matriz de impactos, realizando a valoração considerando a aplicação de medidas mitigadoras e em seguida realizando a valoração sem considerar as medidas.

Baseada na matriz de Leopold et al. (1971) e Singer (1985) a metodologia elaborada por Barbosa (2004) utiliza matrizes de interação (correlação), que segundo Tommasi (1994), é um dos métodos mais utilizados no EIA e tem como vantagem facilitar a análise de grande número de informações além de quantificar impactos identificados.

A matriz proposta por Barbosa (2004) permite a quantificação, adotando-se pesos aos impactos ambientais que são relativos às fases de planejamento, implantação e operação de um empreendimento potencialmente danoso ao meio ambiente, considerando-se impactos sem medidas mitigadoras e com medidas mitigadoras.

Após a aplicação da matriz é possível realizar uma previsão da quantidade de unidades de impacto antes e após a adoção de medidas mitigadoras.

A fim de realizar uma comparação do ambiente antes da aplicação de medidas mitigadoras e após a aplicação das medidas, não devem ser considerados efeitos positivos, com o objetivo de evitar mascarar os dados.

A Figura 2 mostra a matriz simplificada, preenchida com dados do estudo de impacto ambiental da PCH Ninho da Águia.

MEIOS	NIA* / %	IMPACTOS AMBIENTAIS	FASES	SEM MEDIDAS MITIGADORAS			COM MEDIDAS MITIGADORAS				
				planejamento	implantação	operação	U I A** / %	planejamento	implantação	operação	U I A** / %
FÍSICO	5 / 13.5		1	0	2	0	30 / 12.5%	0	1	0	11 / 4.6%
			2	0	9	0		0	7	0	
			3	0	3	0		0	1	0	
			4	0	0	6		0	0	1	
			5	0	0	10		0	0	1	
BIOLÓGICO	18 / 48.7		6	1	0	0	132 / 55%	0	0	0	59 / 24.6%
			7	1	0	0		1	0	0	
			8	0	6	0		0	1	0	
			9	0	8	0		0	7	0	
			10	0	9	0		0	8	0	
			11	0	9	0		0	1	0	
			12	0	1	3		0	0	0	
			13	0	0	12		0	0	10	
			14	0	0	11		0	0	3	
			15	0	0	8		0	0	0	
			16	0	0	7		0	0	7	
			17	0	0	9		0	0	1	
			18	0	3	9		0	0	1	
ANTRÓPICO	14 / 37.8		19	0	0	10	78 / 32.5%	0	0	1	39 / 16.3%
			20	0	0	9		0	0	9	
			21	0	0	7		0	0	1	
			22	0	0	9		0	0	8	
			23	0	0	0		0	0	0	
			24	6	0	0		1	0	0	
			25	0	6	0		0	1	0	
			26	0	2	0		0	1	0	
			27	0	9	0		0	1	0	
			28	0	9	0		0	7	0	
TOTAIS PARCIAIS			8	112	120	240	2	54	53	109	
TOTAL DE UNIDADES DE IMPACTOS						240				109	
REPRESENTATIVIDADE/REDUÇÃO (%)				3.3	46.7	50.0	100.0	0.8	22.5	22.1	

\*NIA - Números de impactos ambientais

\*\*UIA - Unidades de Impactos Ambientais

Figura 2 – Matriz proposta por Barbosa (2004) e Barbosa e Dupas (2006)

### Sistemas Cartográficos (superposição de mapas)

Este método foi inicialmente realizado manualmente, realizando a sobreposição de mapas opacos, com diferentes características ambientais. Segundo Canter e Barry (1997), a técnica de superposição de mapas é utilizada para descrever condições existentes para visualização de potenciais mudanças resultantes da ação proposta.

Com o avanço da tecnologia, iniciou-se o uso de sistemas de informação geográfica (SIG), onde o processo é realizado, em parte, automaticamente.

Com a técnica de superposição de mapas é possível identificar áreas de maior valor ambiental, onde o impacto é mais significativo.

Segundo Maia (1992), as vantagens desse método são a boa disposição visual e os dados mapeáveis. As desvantagens são: subjetividade dos resultados; difícil integração de impactos socioeconômicos; não atende as demais etapas do EIA e não considera a dinâmica dos sistemas



ambientais.

### **Redes de Interação**

Redes de interação referem-se a um grupo de métodos que traçam, através de gráficos e diagramas, uma relação entre ações de um projeto e os impactos resultantes.

Os impactos resultantes são obtidos através da identificação das condições iniciais do meio, das consequências das ações, das medidas de compensação e mecanismos de controle a serem implementados.

Atualmente a rede de interação mais utilizada é a Sorensen. A rede Sorensen identifica medidas de mitigação viáveis. Sua limitação é dada pela disponibilidade de dados e redes relevantes para o meio ambiente local (CANTER; BARRY, 1997).

### **Modelos de Simulação**

São modelos matemáticos, com o objetivo de representar, o mais próximo possível, a estrutura e o funcionamento do meio ambiente, explorando relação entre fatores biológicos, físicos e antrópicos.

### **Técnica Delphi**

A técnica Delphi tem como objetivo reduzir a margem de erro de uma tomada de decisão. São realizadas reuniões com grupo de especialistas para tentar chegar a um consenso sobre determinada questão.

Segundo Crance (1987 apud ALMEIDA et al., 2008), a técnica Delphi segue as seguintes premissas:

- As opiniões dos especialistas são justificadas como entrada para as tomadas de decisão, quando as respostas e questões não são conhecidas.
- Um conjunto de especialistas pode fornecer uma resposta mais precisa para uma questão do que um único especialista.

Para iniciar um trabalho utilizando a técnica Delphi é necessário selecionar um grupo de participantes, enviar documentação explicando as finalidades do projeto e dando instruções sobre o questionário de perguntas que os participantes devem responder. As respostas são analisadas estatisticamente e reenviadas aos participantes, visando chegar ao máximo consenso possível.

Uma variante da técnica Delphi é o chamado Delphi político. Nessa técnica os grupos são formados por dez pessoas que não são técnicos, mas buscam avaliar os impactos, consequências de uma determinada ação e sua aceitabilidade. Se trata de um meio de análise de políticas e não um mecanismo de tomada de decisões, não tem o objetivo de obter um consenso e sim de conhecer e avaliar desacordos sobre determinadas questões e sobre sua relevância.

### 3.4 Avaliação Ambiental Estratégica

Para Therivel e Paridario (2013), a Avaliação Ambiental Estratégica (AAE) é a avaliação ambiental de uma ação estratégica: uma política, plano ou programa (PPP). Desta maneira, AAE deve ser vista como uma ferramenta de avaliação ambiental, que funciona em conjunto com outras ferramentas como EIA ou EIV.

Sadler e Verheem (1996) afirmam que a AAE é um processo sistemático de avaliação dos efeitos ambientais de propostas de PPP, com o objetivo de certificar que os aspectos ambientais sejam considerados e corretamente tratados em suas devidas instâncias no processo de tomada de decisão.

Segundo Lee e Walsh (1992), a AAE é um instrumento de apoio aos processos de formulação de políticas e planejamento, o termo é utilizado para descrever o processo de avaliação ambiental de PPP's, que devem ser aprovados anteriormente à formulação e à decisão sobre a implantação de projetos.

Para Therivel et al. (1992), a AAE pode ser conceituada como:

(...) um processo sistemático, formal e abrangente de avaliação dos impactos ambientais de uma política, um plano ou um programa e de suas alternativas, incluindo a preparação de um relatório escrito contendo os resultados da avaliação, que devem ser usados no processo de tomada de decisão.

A AAE pode ser visto como um instrumento de caráter político e técnico que tem relação com conceitos e não com atividades específicas em termos de concepções geográficas e tecnológicas (MMA, 2002).

O instrumento também permite identificar diferentes aspectos de sua aplicação, alguns se limitam as questões físicas e ecológicas, outros incluem questões sociais e culturais na definição de meio ambiente e alguns ainda incluem questões econômicas, sociais e ambientais.

Segundo Partidário (2007), os resultados esperados de um AAE são:

- Assegurar uma visão estratégica e uma maior perspectiva em relação às questões ambientais em um quadro de sustentabilidade;
- Auxiliar nas discussões de opções para uma decisão mais sustentável (em termos ambientais, sociais e econômicos);
- Detectar problemas e oportunidades estratégicas nas opções em análise e facilitar a consideração de impactos cumulativos;
- Proporcionar integração de questões sociais, ambientais e econômicas no processo de planejamento e formulação de políticas;
- Identificar impactos, avaliar e comparar opções de desenvolvimento em discussão;
- Contribuir com a eficiência do processo ambiental, melhorando as condições de realização do AIA.

A AAE deve estar integrada no processo de decisão, desta maneira, Partidário (2007) defende que a AAE siga o Modelo Centrado na Decisão, este modelo sugere que a AAE incida sobre o processo de decisão, desenvolvendo-se a avaliação como parte integrante do processo de planeamento. A AAE produz conhecimento que informa a decisão em momentos críticos existindo *feedback* bidirecional entre os dois processos.

Uma grande vantagem da utilização do AAE como instrumento é a possibilidade de acompanhar o processo de decisão desde sua fase de planeamento.

### 3.5 Qualidade da Água

Para a correta gestão dos recursos hídricos é de suma importância conhecer a qualidade da água.

A classificação da qualidade da água foi elaborada em 1948, na Alemanha (SLADECEK; OTT; DOJLIDO; BEST, 1973, 1978, 1993 apud LUMB; SHARMA; BIBEALUT, 2011), a partir deste estudo, diversos índices e indicadores foram criados ao longo dos anos para avaliação das características microbiológicas e físico-químicas.

Em 1970 foi proposto o Índice de Qualidade das Águas (IQA) (BROWN; DEININGER; MACIUNAS, 1970, 1971 apud LUMB; SHARMA; BIBEALUT, 2011) com o apoio da *National Sanitation Foundation*<sup>4</sup> (NSF) dos EUA.

O IQA estabeleceu níveis e padrões de qualidade, permitindo a classificação da água, de acordo com os resultados encontrados em seus cálculos (LIMA; COSTA; SOARES, 2007). O IQA utiliza escala de 0 a 100, sendo que, quanto maior este número, melhor a qualidade da água.

Para a elaboração do IQA foi criada uma lista, enviada a 142 integrantes, composta por 35 potenciais variáveis a serem incluídas no IQA. Cada participante assinalou se a variável deveria ser incluída ou excluída do índice, sendo também possível listar variáveis que não estavam contidas na lista. Cada variável incluída no índice deveria receber um peso, que variava de 1 a 5 (LIBÂNIO, 2008). Por fim, foi definida uma lista com nove variáveis e seus respectivos pesos (Tabela 1). Após definidas as variáveis integrantes do IQA e seus respectivos pesos, coube aos integrantes definir as curvas representativas da qualidade da água produzida pelas diversas medidas possíveis para cada variável.

A maneira convencional para se obter o IQA é calcular a média ponderada das variáveis pré-definidas, normalizadas numa escala de 0 a 100 e multiplicadas pelos seus respectivos pesos (LERMONTOV et al., 2009).

No Brasil a utilização do IQA teve início na década de 1980. A partir do estudo realizado pela NSF, a CETESB desenvolveu um modelo adaptado, incorporando as nove variáveis consideradas relevantes para a avaliação da qualidade de água (CETESB, 2011).

<sup>4</sup> NSF - Fundação Nacional de Saneamento.

Tabela 1 – Variáveis e respectivos pesos IQA

<b>Parâmetro</b>	<b>Peso (<i>w</i>)</b>
OD	17
<i>Coliformes Termotolerantes</i>	15
pH	12
DBO	10
Nitrato	10
Fosfato	10
Temperatura	10
Turbidez	8
Sólidos Totais	8

Fonte: Adaptado de Libânio (2008).

Após definidas as variáveis integrantes do IQA e seus respectivos pesos, coube aos integrantes definir as curvas representativas da qualidade da água produzida pelas diversas medidas possíveis para cada variável.

### 3.5.1 Cálculo do IQA

O cálculo para obter o IQA é realizado a partir do produtório ponderado (Equação 3.1) das seguintes variáveis: Coliformes Termotolerantes, pH, DBO5, Nitrogênio Total, Fósforo Total, Turbidez, Sólidos Totais e Oxigênio Dissolvido (CETESB, 2011).

$$IQA = \sum_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (3.1)$$

Onde,

*IQA*: Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100;

$q_i$ : qualidade do *i*-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de sua concentração ou medida;

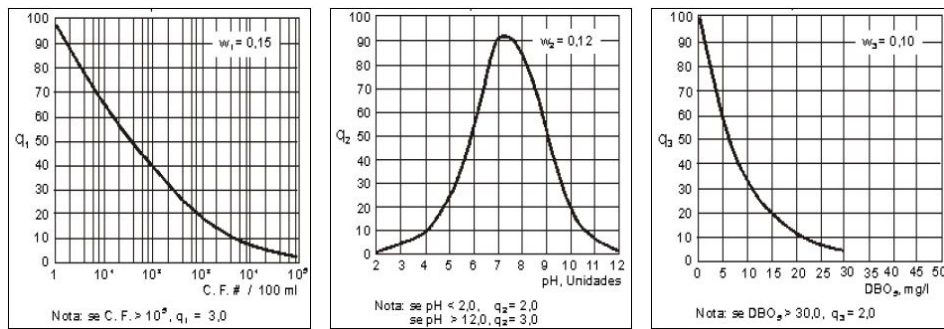
$w_i$ : peso correspondente ao *i*-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade;

*n*: número de variáveis que entram no cálculo do IQA.

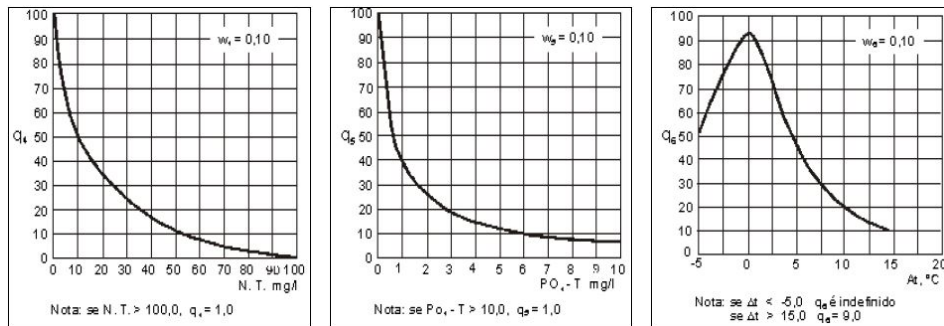
Os valores de  $q_i$  são obtidos através das curvas médias de variação dos parâmetros de qualidade, em função de sua concentração. Os pesos (*w*) de cada variável correspondem a importância para a conformação global de qualidade e a somatória de todos os pesos é igual a um (1) conforme a fórmula da Equação 3.2.

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (3.2)$$

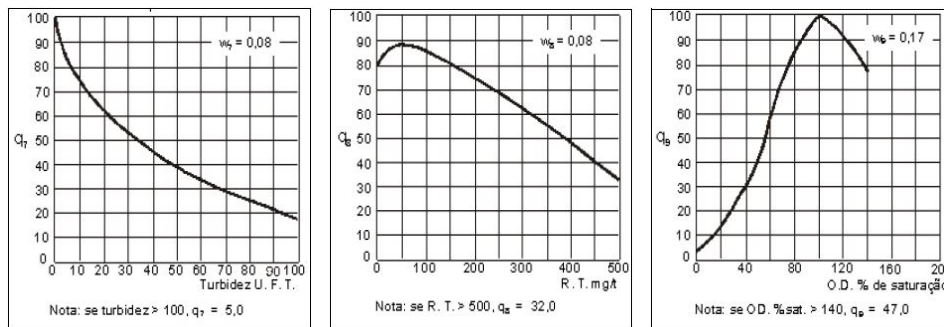
Na Figura 3 podem ser observadas as curvas médias de variação dos nove parâmetros de qualidade.



(a) Curva média de variação de qualidade para Coliformes Termotolerantes. (b) Curva média de variação de qualidade para pH. (c) Curva média de variação de qualidade para DBO.



(d) Curva média de variação de qualidade para Nitrogênio Total. (e) Curva média de variação de qualidade para Fósforo Total. (f) Curva média de variação de qualidade para Temperatura.



(g) Curva média de variação de qualidade para Turbidez. (h) Curva média de variação de qualidade para Resíduo Total. (i) Curva média de variação de qualidade para OD.

Figura 3 – Curvas médias de variação dos parâmetros (CETESB, 2011).

Para facilitar a determinação dos valores de  $q_i$  para cada parâmetro, a CETESB elaborou equações representativas das curvas de qualidade (Tabela 2).

Os valores do IQA variam de 0 a 100 com faixas de classificação especificadas de acordo com a categoria. As tabelas com a classificação adotada pela CETESB e NSF são mostradas conforme Tabela 3.

Tabela 2 – Equações representativas das curvas de qualidade da NSF, elaboradas pela CETESB (SPERLING, 2007).

Parâmetro	Lim. Mín. (>)	Lim. Máx. (≤)	Equação $q_i$
Log10 Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	0	1	$100 - 33 * \log C$
	1	5	$100 - 37.2 * \log C + 3.60743 * \log C^2$
	5		3
pH	0	2	2
	2	4	$13.6 - 10.6 * pH + 2.4364 * pH^2$
	4	6.2	$155.5 - 77.36 * pH + 10.2481 * pH^2$
	6.2	7	$-657.2 + 197.38 * pH - 12.9167 * pH^2$
	7	8	$-427.8 + 142.05 * pH - 9.695 * pH^2$
	8	8.5	$216 - 16 * pH$
	8.5	9	$1415823 * \exp(-1.1507 * pH)$
	9	10	$228 - 27 * pH$
	10	12	$633 - 106.5 * pH + 4.5 * pH^2$
	12	14	3
DBO (mg/L)	0	5	$99.96 * \exp(-0.1232728 * C)$
	5	15	$104.67 - 31.5463 * \log_{10}(C)$
	15	30	$4394.91 * C^{-1.99809}$
	30		2
Nitrogênio total (mg/L)	0	10	$100 - 8.169 * C + 0.3059 * C^2$
	10	60	$101.9 - 23.1023 * \log_{10}(C)$
	60	100	$159.3148 * \exp(-0.0512842 * C)$
	100		1
Fósforo total (mg/L)	0	1	$99 * \exp(-0.91629 * C)$
	1	5	$57.6 - 20.178 * C + 2.1326 * C^2$
	5	10	$19.8 * \exp(-0.13544 * C)$
	10		5
Variação de temperatura (°C)			94 (assumindo valor constante pela CETESB, por se considerar que, nas condições brasileiras, a temperatura dos corpos d'água não se afasta da temperatura de equilíbrio)
Turbidez (NTU)	0	25	$100.17 - 2.67 * Turb + 0.03775 * Turb^2$
	25	100	$84.76 * \exp(-0.016206 * Turb)$
	100		5
Sólidos totais (mg/L)	0	150	$79.75 + 0.166 * C - 0.001088 * C^2$
	150	500	$101.67 - 0.13917 * C$
	500		32
Taxa de saturação de OD (%)	0	50	$3 + 0.34 * (%sat) + 0.008095 * (%sat) + 1.35252 * 0.00001 * (%sat)^3$
	50	85	$3 - 1.166 * (%sat) + 0.058 * (%sat)^2 - 3.803435 * 0.0001 * (%sat)^3$
	85	100	$3 + 3.7745 * (%sat)^{0.704889}$
	100	140	$3 + 2.9 * (%sat) - 0.02496 * (%sat)^2 + 5.60919 * 0.00001 * (%sat)^3$
	140		$3 + 47$
Concentr. de saturação de OD (mg/L)			$C_s = (14.62 - 0.3898 * temp + 0.006969 * temp^2 - 0.00005896 * temp^3) * (1 - 0.0000228675 * altitude)^{5.167}$
Taxa de saturação (%)			$100 * OD / C_s$

Fonte: Adaptado de Sperling (2007)

Tabela 3 – Interpretação do IQA pela NSF e CETESB

NSF		CETESB	
Excelente	$90 < IQA \leq 100$	Ótima	$80 \leq IQA \leq 100$
Bom	$70 < IQA \leq 90$	Boa	$52 \leq IQA < 80$
Médio	$50 < IQA \leq 70$	Aceitável	$37 \leq IQA < 52$
Ruim	$25 < IQA \leq 50$	Ruim	$20 \leq IQA < 37$
Muito Ruim	$0 < IQA \leq 25$	Péssima	$0 \leq IQA < 20$

Fonte: Adaptado de CETESB (2001).

### 3.6 Uso da tecnologia da informação como agente de auxílio nos problemas ambientais

De acordo com Ascough et al. (2008), a tomada de decisões no meio ambiental é uma tarefa extremamente delicada, devido à complexidade dos sistemas considerados e os interesses concorrentes entre as parte envolvidas.

Ferramentas de modelagem e apoio à decisão (como modelos de avaliação integrada, algoritmos de otimização e ferramentas de análise de decisão multicritério) estão sendo cada vez mais utilizadas para a análise comparativa e avaliação da incerteza de alternativas de gestão ambiental. Se tais ferramentas são para fornecer suporte de decisão eficaz, as incertezas associadas com todos os aspectos do processo de tomada de decisão precisam ser explicitamente consideradas. No entanto, como os modelos se tornam mais complexos para representar melhor os sistemas ambientais, sociais e econômicos integrados, a realização deste objetivo torna-se mais difícil.

Algumas das questões importantes que precisam ser abordadas em relação à incerteza nos processos de tomada de decisões ambientais incluem:

1. O desenvolvimento de métodos para quantificar a incerteza associada com a entrada humana;
2. O desenvolvimento de critérios de desempenho adequados baseados no risco que são compreendidos e aceitos por uma série de disciplinas;
3. A incorporação de práticas de manejo adaptativo para o processo de tomada de decisão em matéria ambiental, incluindo a correção do modelo de divergência;
4. O desenvolvimento de abordagens e estratégias para aumentar a eficiência computacional de modelos integrados, métodos de otimização e métodos para estimar as medidas de desempenho baseadas no risco;
5. O desenvolvimento de sistemas integrados para tratamento integral da incerteza como parte do processo de tomada de decisão ambiental.

### 3.6.1 Uso de Modelos Ambientais e *Softwares* para EIA

De acordo com EPA (2009), um modelo ambiental pode ser definido como a simplificação da realidade, construída para adquirir compreensão sobre atributos de um sistema em particular, em seus meios físico, biológico e econômico.

Para o desenvolvimento de um modelo é necessário determinar o escopo do problema, verificar quais aspectos do sistema devem ser modelados, quais processos são importantes, como esses processos podem ser representados e quais métodos computacionais devem ser utilizados para a implementação.

Os modelos realizam papel importante nas regras de gestão ambiental, eles constituem uma importante ferramenta para análise, além de auxiliar na caracterização de sistemas muito complexos.

Os modelos são divididos em três categorias principais:

- **Análise de políticas:** Os resultados do modelo de análise política afetam as decisões de políticas nacionais. Esses modelos são utilizados para criação de políticas em uma forma mais ampla.
- **Tomada de decisão regulatória nacional:** Estes modelos informam a tomada de decisão da entidade reguladora nacional após a política global estabelecida. Exemplos incluem a utilização de um modelo para auxiliar na determinação de regulamentação federal de um pesticida específico ou para auxiliar no estabelecimento de limites de efluentes nacionais.
- **Aplicações de implementação:** Estes modelos são também utilizados em situações onde as políticas e regulamentos já foram estabelecidos. Seu desenvolvimento e utilização podem ser movidos por ordens judiciais e a necessidade de ação local.

Modelos ambientais são umas das fontes de informação para auxílio na tomada de decisão em ambientes onde se devem considerar diversos interesses ou objetivos conflitantes.

O desenvolvimento de um modelo pode ser visto como um processo de três passos:

1. **Especificação do problema ambiental e desenvolvimento do modelo conceitual:** Para Manno et al. (2008), a especificação do problema envolve a interação e colaboração entre desenvolvedores de modelos, usuários e tomadores de decisão, com o objetivo de discutir todos os aspectos do problema. A comunicação entre desenvolvedores de modelos e os usuários é crucial para uma clara definição do processo de modelagem com o objetivo de aumentar as chances de sucesso. Durante a especificação do problema, a equipe de projeto define as regras ou os objetivos da pesquisa, seu tipo e escopo que melhor se adequa aos objetivos, os critérios de dados, a aplicabilidade e qualquer limitação programática. A especificação do problema provê a base para o desenvolvimento do modelo conceitual que descreve os comportamentos mais importantes do sistema. A especificação do problema e o resultado do modelo conceitual definem as necessidades para a modelagem, de modo



que a equipe de projeto possa determinar se um modelo existente pode ser utilizado ou se um novo modelo deve ser desenvolvido.

2. Desenvolvimento da estrutura do modelo: Após a especificação do problema, o próximo passo é desenvolver o modelo ambiental que atenda tais especificações. Um modelo ambiental é a especificação matemática formal dos conceitos, procedimentos e comportamentos do sistema, usualmente transcrito para linguagem de computador. A codificação de um modelo é realizada transcrevendo as equações matemáticas do modelo em código de computador. Ainda, para EPA (2009), a verificação de código assegura que não existam erros na obtenção de uma solução, além de garantir que o sistema se comporte como foi especificado.
3. Desenvolvimento da ferramenta de aplicação: Após o desenvolvimento do modelo, é necessário realizar a carga dos dados com as características específicas dos sistemas, incluindo parâmetros como: limites geográficos, dados da qualidade de água ou ar, fases do projeto, atributos, etc. Desta maneira, as funções de um programa de computador são convertidas em uma ferramenta de aplicação para a análise de um problema específico, em um local específico. Os parâmetros do modelo são fixos durante sua execução, porém podem variar para uma nova simulação, seja para conduzir uma análise sensitiva<sup>5</sup> ou para realizar análises incertas onde distribuições de probabilidade são selecionadas. Os parâmetros podem ser quantidades estimadas a partir de amostra de dados que caracterizam populações estatísticas ou podem ser constantes como a velocidade da luz ou força gravitacional.

A fidelidade, variabilidade e precisão dos parâmetros de entrada usados no modelo são a maior fonte de incerteza, como mencionado abaixo:

- Fidelidade: Refere-se à proximidade de um valor medido ou calculado para o seu valor “verdadeiro”;
- Variabilidade: Refere-se as diferenças atribuíveis à verdadeira heterogeneidade ou diversidade nos parâmetros do modelo. Por causa da variabilidade, o valor “verdadeiro” dos parâmetros do modelo é muitas vezes uma função do grau de agregação espacial e temporal;
- Precisão: Refere-se à qualidade de ser reproduzível em resultado ou desempenho. Com modelos e outras formas de informação quantitativa, precisão, muitas vezes refere-se ao número de casas decimais para o qual um número é computado. Esta é uma medida de precisão ou exatidão do modelo.

O processo de desenvolvimento e avaliação de modelos culmina com uma decisão de aceitar (ou não aceitar) o modelo para uso na tomada de decisões. Esta decisão é feita pelo

---

<sup>5</sup> Análise Sensitiva - Envolve estudar como as mudanças nos valores de entrada de um modelo ou suposições afetam sua saída ou resposta.

responsável pela tomada de decisões regulatórias, em consulta com os desenvolvedores do modelo e a equipe do projeto.

Uma vez que um modelo tenha sido aceito para uso pelos tomadores de decisão, ela é aplicada ao problema que foi identificado nas primeiras fases do processo de modelagem. A aplicação do modelo normalmente envolve uma mudança de previsão inversa (*hindcasting*<sup>6</sup>) usado nas fases de desenvolvimento para avaliação de modelos de previsão (*forecasting*<sup>7</sup>) na fase de aplicação. Isto pode implicar um esforço colaborativo entre modeladores e pessoal do programa para elaborar cenários de gestão que representam diferentes alternativas regulamentares. Algumas aplicações do modelo podem implicar em simulações baseadas em “tentativa e erro”, onde os dados do modelo são alterados de forma iterativa até que uma condição ambiental desejada seja alcançada.

A utilização de múltiplos modelos, por vezes, se aplica a uma determinada necessidade para a tomada de decisão; por exemplo, vários modelos de qualidade do ar, cada uma com suas próprias vantagens e desvantagens, podem ser aplicados para fins regulatórios. Em outras situações, as partes interessadas podem usar modelos alternativos (desenvolvidos pela indústria e pesquisadores acadêmicos) para produzir avaliações de risco. Uma abordagem para resolver este problema é utilizar vários modelos, de diferentes complexidades, para simular o mesmo fenômeno (NRC, 2007). Isto pode fornecer uma visão sobre o quão sensível os resultados são para diferentes opções de modelagem e quanta confiança colocar nos resultados de qualquer um dos modelos.

Segundo Warner et al. (1997), o uso de *softwares* para EIA constituem uma força poderosa para a automatização dos processos de concepção e de gestão.

Antes da instalação de um novo *software* EIA, uma avaliação das necessidades deve ser realizada com o órgão ou instituição, a fim de determinar se o *software* de computador é a solução mais eficaz para fortalecer a qualidade e a relevância do EIA;

Uma vez encomendado, mas antes de embarcar no projeto de *software* EIA, criadores e usuários finais devem ser claros a respeito de exatamente quais pontos do processo de EIA o *software* destina-se e se ele será uma ferramenta de apoio à decisão, treinamento ou ambos.

Ainda, segundo o mesmo autor, algumas medidas devem ser tomadas para garantir a qualidade de um *software* EIA:

- Programas de consulta pública, com o objetivo de identificar impactos e propor medidas de mitigação;
- A verificação dos impactos deve ser feitas através de visitas ao local;
- A importância de um impacto e as medidas mitigadoras propostas deve ser identificada com base em uma combinação de raciocínio, valores, políticas e experiência, e não apenas julgamento pessoal;

<sup>6</sup> Testar o modelo contra condições observadas no passado.

<sup>7</sup> Prever uma mudança futura.

- Estudos de viabilidade técnica e institucionais são realizados para todas as medidas mitigadoras propostas.

Outro aspecto que deve ser levado em conta, segundo Campo (2012), é o aumento da disponibilidade de conjuntos de dados geográficos que facilita e promove a aplicação de Sistemas de Informação Geográfica<sup>8</sup> (SIG) no planejamento e avaliação ambiental. A inclusão de informações geográficas através de SIG melhora os processos de planejamento ambiental, possibilitando uma análise rápida e objetiva das questões ambientais. A prática de avaliação ambiental é realizada através de evidências que auxiliam o planejamento e a implementação do projeto. Um aspecto desta evidência é o espacial, devido à natureza geográfica intrínseca na gestão dos recursos naturais e planejamento ambiental, desta maneira, pode ser afirmado que dados espaciais e SIG tem potencial significativo para apoiar processos de avaliação ambiental e aumentar a qualidade e a quantidade de informações para a tomada de decisão.

Para uma análise espacial efetiva em AAE e EIA é necessário um entendimento profundo sobre os fatores que determinam a validade dos conjuntos de dados espaciais e a aplicabilidade das técnicas de SIG, a fim de garantir a responsabilidade do SIG baseado nas avaliações de saída.

Técnicas e ferramentas devem ser adaptadas para se ajustar aos requisitos de cada fase de avaliação do AAE/EIA, garantindo que eles realizem a melhor utilização possível dos dados disponíveis, proporcionando abordagens científicas e prestando resultados confiáveis.

É importante salientar que a correta aplicação do SIG em avaliações de impacto ambiental está sujeita ao conhecimento técnico da equipe.

### 3.7 Engenharia de *Software*

O termo “Engenharia de *Software*” foi utilizado pela primeira vez em 1968, durante a *NATO Conference on Software Engineering*<sup>9</sup>. Segundo Friedrich Ludwig Bauer, autor da primeira definição de engenharia de *software*, “Engenharia de *software* é a criação e a utilização de sólidos princípios de engenharia a fim de obter *software* de maneira econômica, que seja confiável e que trabalhe eficientemente em máquinas reais”.

Para a correta compreensão da definição de Engenharia de *Software*, é necessário primeiramente introduzir o significado de *software*.

Segundo Pressman (2002), o *software* pode ser definido como:

(...) o produto que os engenheiros de *software* projetam e constroem. Abrangem programas que executam em computadores de qualquer tamanho e arquitetura, documentos que incluem formas impressas e virtuais e dados que combinam números e texto, mas também incluem representações de informações em figuras, em vídeo e em áudio.

<sup>8</sup> SIG - Sistema computacional que permite visualizar, analisar e interpretar dados espaciais a fim de compreender relações ou padrões.

<sup>9</sup> NATO - Conferência sobre Engenharia de *Software* da OTAN

O *software* de computador pode ser comparado como o motor que dirige a tomada de decisão dos negócios e serve de base para a moderna investigação científica e às soluções de problemas de engenharia. O *software* está embutido em sistemas de vários setores, como o de transportes, médicos, telecomunicações, militares, processos industriais, escritórios, etc. Para Pressman (2002), o *software* é virtualmente inevitável no mundo moderno.

O impacto do *software* em nossa sociedade é grande. À medida que a importância do *software* cresce, engenheiros e desenvolvedores tentam, continuamente, desenvolver tecnologias que facilitem e torne menos dispendiosa a tarefa de construir programas de computador de alta qualidade.

Pressman (2002) enfatiza que para compreendermos um *software* é importante analisar as características que o torna diferente do hardware de um computador. Como o *software* é um elemento de um sistema lógico, ele possui características que o diferenciam, como:

1. O *software* não é manufaturado, mas desenvolvido: Há semelhança entre o desenvolvimento de um *software* e a construção de um *hardware*, para ambos a qualidade pode ser atingida com um bom projeto, porém, na fase de fabricação, o *hardware* pode sofrer problemas de qualidade, que são inexistentes, ou facilmente corrigidos no *software*.
2. *Software* não se desgasta, mas se deteriora: O *hardware* exibe altas taxas de falhas no início de sua vida, atribuíveis a defeitos de projetos e fabricação, após correção desses erros, a taxa de falhas cai para nível constante, ao passar do tempo, devido a desgastes dos componentes a taxa de falhas novamente aumenta. A Figura 4 mostra as falhas em função do tempo para o *software*, com sua curva real e idealizada. Como um *software* não sofre desgaste em componentes, defeitos que não são detectados na fase de projeto causam um aumento da taxa de falhas no início da vida, após correção dos erros a taxa sofre decréscimo e a taxa de falhas estabiliza, esta é a “curva idealizada”, porém, em um projeto real, modificações são realizadas e elevam novamente a taxa de falhas, antes que a curva possa voltar a seu estágio original de taxa de falhas, outra modificação pode ser solicitada, o *software* começa a se deteriorar.

As seguintes categorias englobam as aplicações de um *software* (PRESSMAN, 2002):

- *Software* de Sistemas: Coleção de programas escritos para atender a outros programas;
- *Software* de Tempo Real: Tem a função de monitorar, analisar e controlar eventos do mundo real à medida que eles ocorrem;
- *Software* Comercial: Maior área de aplicação. Reestruturam dados existentes para facilitar operações comerciais e tomadas de decisão na gestão de negócios;
- *Software* Científico e de Engenharia: Algoritmos que processam números (*number crunching*). As aplicações modernas na área científica estão se afastando dos algoritmos convencionais e começando a adquirir características de *software* de tempo real e até *software* de sistema;

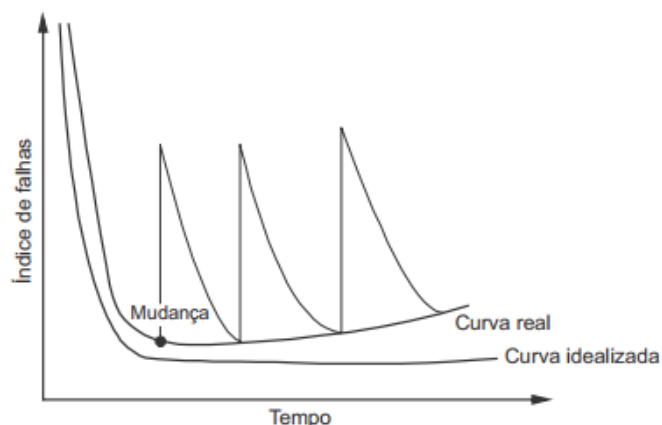


Figura 4 – Curvas de taxa de falhas real e idealizada

Fonte: Adaptado de Pressman (2002)

- *Software* Embutido: Residente na memória ROM. É usado para controlar produtos e sistemas para o mercado consumidor e industrial;
- *Software* para Computadores Pessoais: Planilhas eletrônicas, processadores de texto, aplicações gráficas, ferramentas financeiras, etc.;
- *Software* para Web: São páginas *web* recuperadas por um *browser* após processamento remoto;
- *Software* para Inteligência Artificial: Fazem uso de algoritmos não numéricos para resolver problemas complexos que não são passíveis de computação ou análise direta.

O ciclo de desenvolvimento do *software* pode ser comparado com um ciclo de solução de um problema, onde é possível identificar quatro estágios: situação atual, definição do problema, desenvolvimento técnico e a entrega dos resultados.

Segundo Pressman (2002), o ciclo de vida clássico (ou modelo sequencial linear) é o ciclo mais antigo e o mais utilizado na engenharia de *software*. O modelo sugere uma abordagem sistemática sequencial para o desenvolvimento do *software*.

A Figura 5 ilustra o modelo sequencial linear.

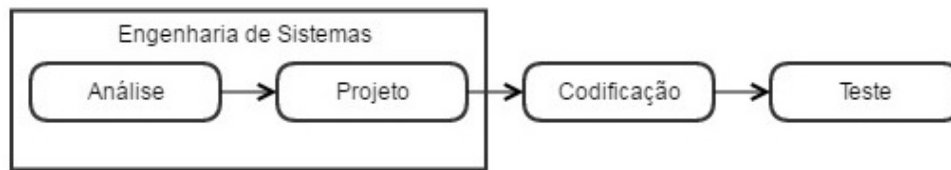


Figura 5 – Modelo Sequencial Linear

Fonte: Adaptado de Pressman (2002)

As seguintes atividades são contempladas neste modelo:

- **Análise:** Nesta etapa deve-se conhecer o domínio da informação do *software*, suas funcionalidades, comportamento, desempenho e interface.
- **Projeto:** Enfoque na estrutura de dados, arquitetura do *software*, interface e detalhes procedimentais (algoritmos).
- **Codificação:** Geração do código-fonte, o projeto é traduzido para linguagem de máquina.
- **Teste:** São realizados com o propósito de descobrir erros, ou seja, garantir que as entradas do usuário produzam resultados reais. É executado após a geração do código e foca aspectos lógicos do *software*.
- **Manutenção:** Manutenções existem quando erros são encontrados, quando o *software* precisa ser adaptado ou quando precisa ser melhorado.

## 3.8 Orientação a Objetos

Na orientação a objetos<sup>10,11</sup>, elementos do mundo real são representados na forma computacional.

A abordagem de orientação a objetos foi proposta no fim dos anos de 1960, porém, levou mais de vinte anos para que a tecnologia fosse difundida.

Segundo Pressman (2002), o domínio do problema a ser tratado é caracterizado como um conjunto de objetos que possuem atributos e comportamentos específicos. Os objetos são manipulados a partir de uma coleção de funções e comunica-se com outros através de um protocolo de mensagens. Os objetos são caracterizados em classes e subclasses.

### 3.8.1 Benefícios da Orientação a Objetos

A principal vantagem da programação orientada a objetos é permitir uma maior organização e simplicidade do sistema.

De acordo com Saylor (2013), os benefícios são listados a seguir:

<sup>10</sup> A análise orientada a objetos consiste em definir os objetos que fazem parte de um sistema, suas propriedades e comportamentos.

<sup>11</sup> A programação orientada a objetos consiste na utilização de objetos computacionais para implementação de funcionalidades de um sistema.

- Melhorar a produtividade no desenvolvimento do sistema: Como a programação é modular, existe uma separação das funções. São também extensíveis, pois objetos podem ser estendidos para incluir novos estados ou comportamentos. Objetos podem ser reutilizados entre diversos sistemas. A modularidade, extensibilidade e reutilização são os fatores que proporcionam uma maior produtividade;
- Melhorar a manutenção do sistema: Pelas mesmas razões mencionadas no item acima, um sistema construído sob o paradigma da orientação a objetos é mais fácil de manter, uma vez que a concepção é modular, parte do sistema pode ser atualizado em caso de problemas, sem a necessidade de alterações em larga escala;
- Desenvolvimento rápido: O reuso possibilita um desenvolvimento rápido, linguagens de programação orientada a objetos utilizam bibliotecas ricas em objetos e código desenvolvido durante projetos é também reutilizado em projetos futuros;
- Diminuição no custo da construção do sistema: O reuso também possibilita uma diminuição nos custos de desenvolvimento. Normalmente, mais esforço é colocado na análise orientada a objetos e de criação, o que reduz o custo total do desenvolvimento;
- Aumento do nível de qualidade: Desenvolvimento mais rápido de *software* com menor custo, permitindo mais tempo e recursos a serem utilizados na verificação dos sistemas. Embora a qualidade seja dependente da experiência das equipes, a programação orientada a objetos tende a resultar em *software* de maior qualidade.

### 3.9 Framework ASP.NET

O Microsoft ASP.NET é um *framework* gratuito, de código-fonte aberto, elaborado para a construção de *websites* e aplicações *web*. O ASP.NET acompanha vários recursos e possui uma fácil integração com banco de dados, RIA (*rich internet applications*) e serviços *web*. Outros recursos importantes da plataforma incluem a criação de aplicações *Web Forms*, possibilidade de utilização do padrão MVC, AJAX, além de vários controles, temas e *templates* já incluídos.

Para a execução de aplicativos ASP.NET é necessário, além do *framework*, um servidor *web* IIS<sup>12</sup> (*Internet Information Services*) em plataforma Windows<sup>13</sup>.

C# é uma poderosa linguagem orientada a objetos, concebida pela Microsoft e projetada para a construção de uma grande variedade de aplicativos que são executados no *framework* .NET.

Algumas características da linguagem C# incluem:

- É simples, orientada a objetos e derivada de Java e C++, suportando encapsulamento de dados, herança, polimorfismo, etc.;

<sup>12</sup> Há projeto denominado *mod\_aspdotnet* que permite a execução de aplicações ASP.NET em servidor *web* Apache HTTP Web Server.

<sup>13</sup> Há projeto denominado MONO que permite executar aplicações ASP.NET no sistema operacional Linux.

- É parte do Visual Studio;
- Suporte nativo à geração de documentação XML;
- Liberação automática de memória alocada (*Garbage Collection*);
- Ampla gama de classes .NET;
- Suporte a linguagem integrada de consulta - LINQ;
- *Type-safe* (não é possível realizar conversões de tipos “não-seguras”, como a conversão de valor booleano para decimal);
- Interoperabilidade.

### 3.10 Linguagem JavaScript

JavaScript é uma linguagem de programação interpretada, leve e baseada em objetos, comumente utilizada no desenvolvimento *web*. Foi inicialmente desenvolvida pela Netscape, com a finalidade de adicionar interatividade e conteúdo dinâmico aos *websites*.

A linguagem JavaScript foi influenciada pela linguagem Java e a sintaxe é similar à linguagem C, baseada no ECMAScript, uma linguagem de *script* desenvolvida pela Sun Microsystems.

No JavaScript a execução de *scripts* ocorre do lado cliente, o que significa que o código-fonte é processado pelo *web browser* da máquina cliente e não em um servidor *web*, possibilitando que suas funções possam rodar logo após uma página *web* ser carregada, sem a comunicação com um servidor.

Para Goodman (2001), a linguagem JavaScript é uma tecnologia para aperfeiçoamento da *web*. Quando empregado na máquina cliente, a linguagem pode ajudar a transformar uma página estática em uma experiência atraente, interativa e inteligente.

A biblioteca JQuery é a biblioteca JavaScript mais difundida atualmente. JQuery é uma biblioteca desenvolvida para auxiliar e simplificar *scripts* executados no lado cliente (*client-side*) da aplicação. Suas principais características incluem: grande quantidade de *plug-ins* já prontos para o uso, suporte a AJAX (*Asynchronous JavaScript and XML*) e DOM (*Document Object Model*), compatibilidade entre diferentes navegadores, possibilidade da criação de novos *plug-ins*, redução de código desenvolvido, manipulação de eventos, etc.

#### 3.10.1 Ajax e JQuery Ajax

Ajax (*Asynchronous JavaScript and XML*) é uma técnica para criação de aplicações *web* mais rápidas e mais interativas. Em aplicações *web* convencionais, a informação é transmitida entre o servidor e a máquina cliente de forma síncrona, um exemplo prático ocorre quando um usuário preenche um formulário e, após submeter às informações, o servidor o direciona para uma nova página com as informações que foram salvas.



Quando AJAX é utilizado, o código JavaScript realiza uma requisição ao servidor, que irá interpretar os resultados e atualizar a tela, sem a necessidade de ser direcionado para uma nova página.

O formato XML é comumente utilizado como formato de dados recebidos, porém, outros formatos podem ser utilizados, incluindo *plain text*.

O método `ajax()` da biblioteca JQuery é responsável por realizar as requisições assíncronas no servidor.

### 3.10.2 Google Maps JavaScript API

O Google Maps JavaScript API, escrita em JavaScript, é capaz de manipular os objetos, possibilitando adaptações de acordo com a necessidade, permitindo a visualização e a interação de mapas dentro de aplicativos *Web*.

Algumas funcionalidades do Google Maps JavaScript API incluem: a implementação simples, possibilidade de carregar vários mapas ao mesmo tempo, possibilidade de criação de marcadores, ícones e controles do menu customizáveis (seleção de imagens de satélite ou mapas, zoom, etc.), compatibilidade com a maioria dos navegadores *web*.

## 3.11 Mapeamento Objeto-Relacional (ORM)

O mapeamento objeto-relacional (ORM) é um mecanismo que possibilita endereçar, acessar e manipular objetos sem a necessidade de considerar como os objetos estão relacionados com suas fontes de dados. Baseado no princípio da abstração, o ORM gerencia os detalhes de mapeamento entre um conjunto de objetos e o banco de dados relacional, repositório XML ou outra fonte de dados.

O ORM oculta e encapsula modificações na fonte de dados, isto significa que quando há alguma alteração na fonte de dados, apenas o ORM deve ser modificado.

### 3.11.1 Microsoft *Entity Framework*

O *Framework Entity* é um ORM desenvolvido pela Microsoft, responsável pelo mapeamento objetos-relacional.

Utilizando o *Framework Entity*, os desenvolvedores têm a possibilidade de trabalhar com dados relacionais como objetos de domínio específico, eliminando a necessidade de escrever códigos para a configuração do acesso ao banco de dados, além de fornecer aos desenvolvedores um mecanismo automático para acessar e armazenar dados no banco de dados. A linguagem LINQ<sup>14</sup> (*Language-Integrated Query*) amplia a capacidade da linguagem C#, introduzindo padrões para consultar e manipular estes dados como objetos fortemente tipados.

<sup>14</sup> LINQ - É um componente do Microsoft .NET que adiciona funcionalidades de consulta em algumas linguagens de programação.

Uma grande vantagem do *Framework Entity* é a possibilidade de realizar validação de dados (cliente e/ou servidor) de uma forma prática e ágil, utilizando anotações de dados (*data annotations*) diretamente no modelo de dados.

## 3.12 Padrões de Arquitetura de Projeto

Segundo Deitel e Deitel (2002), os padrões de projeto permitem que desenvolvedores projetem partes específicas dos sistemas, como agregar classes em grandes estruturas. Os padrões de projetos também incentivam o baixo acoplamento<sup>15</sup> entre objetos. Os padrões de arquitetura incentivam um baixo acoplamento entre subsistemas. Estes padrões especificam todos os subsistemas de um sistema e como eles interagem uns com os outros.

### 3.12.1 Padrão MVC e Microsoft ASP.NET MVC

Para Deitel e Deitel (2002), o padrão de arquitetura MVC (*Model-View-Controller*<sup>16</sup>), separa os dados do aplicativo (camada modelo), dos componentes gráficos de apresentação (camada visão) e da lógica de processamento de entrada (camada controle ou controlador).

A camada de controle é responsável por processar as entradas do usuário, a camada de modelo contém os dados do aplicativo e a camada de visão é responsável por apresentar os dados contidos no modelo.

Uma das principais vantagens do padrão MVC é que os desenvolvedores podem modificar cada componente individualmente, sem a necessidade de modificar os outros componentes.

A Figura 6 apresenta o funcionamento do ASP.NET MVC, elaborado pela Microsoft e voltado para o desenvolvimento de aplicações *web*. Após receber uma requisição HTTP da aplicação *web*, o módulo de roteamento (*routing*) encaminha o pedido ao controle específico, que irá realizar o processamento dos dados, atualizar o modelo (e o banco de dados) e enviar a resposta para renderização na camada de visão.

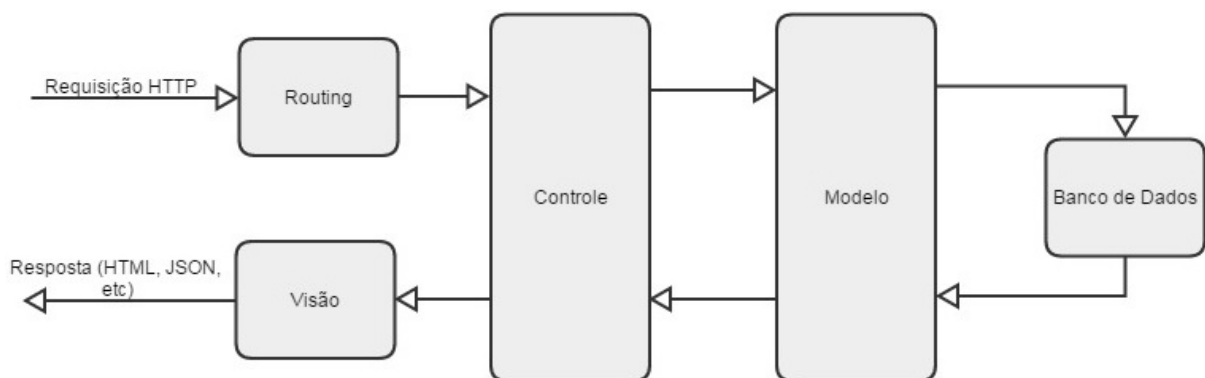


Figura 6 – Funcionamento do padrão ASP.NET MVC

<sup>15</sup> Acoplamento - é o grau de dependência entre entidades.

<sup>16</sup> MVC - Modelo-Visão-Controlador

### 3.13 Banco de Dados Relacional

Para Pressman (2002), um banco de dados é “uma coleção de informações grande e organizada a que se tem acesso por intermédio do *software*”.

Segundo Date (2003), “um banco de dados é uma coleção de dados persistentes, usada pelos sistemas de aplicação de uma determinada empresa”.

Elmasri e Navathe (2011) explicam que “um banco de dados é projetado, construído e populado com dados para uma finalidade específica. Ele possui um grupo definido de usuários e algumas aplicações previamente concebidas nas quais esses usuários estão interessados.”

O banco de dados relacional foi proposto pelo pesquisador da IBM, Codd (1970). Um banco de dados relacional organiza os dados em tabelas (ou relações). Uma tabela é composta de linhas e colunas, as linhas são chamadas de registros (ou tuplas), uma coluna é chamada de campo (ou atributo). Uma tabela do banco de dados é similar a uma planilha eletrônica, porém, as relações entre tabelas que podem ser criadas, fazem do banco de dados relacional um mecanismo eficiente para armazenar e selecionar grandes quantidades de dados.

Uma linguagem, chamada SQL (*Structured Query Language*), foi desenvolvida para trabalhar com os bancos de dados relacionais.

Um banco de dados bem estruturado deve promover integridade dos dados e eliminação de qualquer redundância, duplicação de dados significa desperdício em espaço de armazenagem, além de promover inconsistências.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo são apresentados os materiais necessários e a metodologia para o desenvolvimento do *software* para auxílio de estudos ambientais.

### 4.1 Materiais

Para o desenvolvimento do trabalho foram utilizadas as seguintes ferramentas:

- a Revisão Bibliográfica
- b SGBDR (Sistema Gerenciador de Banco de Dados Relacionais) Microsoft SQL Server 2008 R2;
- c IDE Visual Studio Express 2013 for Web;
- d *Framework* Microsoft ASP.NET 4.5, Microsoft Entity 6, Microsoft ASP.NET MVC 5, LINQ to Entities;
- e Microsoft ASP.NET Razor 3;
- f Bibliotecas JavaScript JQuery 1.10.2 e Google Maps API;
- g CSS Microsoft Bootstrap 3.0;
- h Microsoft Word 2010;
- i TexWorks/ABNTEX2.

### 4.2 Métodos

A partir do esquema mostrado na Figura 7, é possível acompanhar como foi realizado o presente trabalho, a descrição para cada etapa segue abaixo:

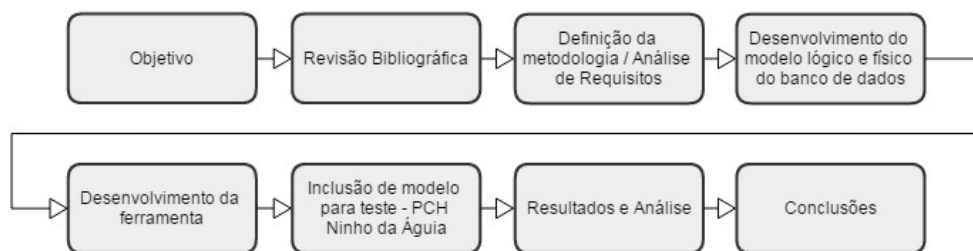


Figura 7 – Esquema da metodologia

1. Objetivo: Definição dos objetivos do trabalho, como exposto no capítulo 2;

2. Revisão bibliográfica: Leitura e estudo de materiais relevantes ao tema proposto: pesquisa em livros, artigos científicos, teses de mestrado e doutorado, leis e resoluções, como exposto no capítulo 3;
3. Definição de metodologia EIA e Análise de Requisitos: Elaboração da matriz proposta por Barbosa (2004), Barbosa e Dupas (2006), criada a partir das matrizes de Leopold(1971) e Singer(1985). A utilização da matriz proposta permite a quantificação de impactos ambientais em qualquer fase e meio, permitindo a análise após aplicação de medidas de compensação. Toda a coleta de dados necessária ao desenvolvimento do *software* foi feita através do próprio autor, utilizando estudos e artigos científicos como base para o desenvolvimento;
4. Desenvolvimento do modelo lógico e físico do banco de dados: Compreende o desenvolvimento do banco de dados, utilizando Microsoft SQL Server 2008, para acomodar os dados referentes à criação e valoração de modelos de impacto ambiental.
5. Desenvolvimento da ferramenta: O *software* foi desenvolvido utilizando a linguagem de programação orientada a objetos C#, na versão 4.5 de seu *framework* ASP.NET. A biblioteca JavaScript JQuery foi utilizada para o gerenciamento do comportamento de controles, bem como para efetuar requisições HTTP assíncronas. O *Framework* Bootstrap 3.0 (HTML, CSS, JavaScript) foi utilizado para padronização dos componentes gráficos e para possibilitar a compatibilidade entre navegadores web. Foi utilizado o padrão de arquitetura MVC, implementado através de seu *framework* ASP .NET MVC 5.0. Para o mapeamento de dados foi adotado o ORM *Entity Framework* da Microsoft;
6. Inclusão do modelo da PCH Ninho da Águia: Para a carga do modelo PCH Ninho da Águia, foi utilizado o estudo realizado por Barbosa (2004) e por Barbosa e Dupas (2006), onde a escala de pesos já estava devidamente elaborada;
7. Resultados e análises: Análise dos resultados obtidos com a ferramenta;
8. Conclusões: Considerações finais sobre o trabalho.

## 5 RESULTADOS E ANÁLISES

A escolha pelo tipo de matriz de interação deve-se à flexibilidade e agilidade para construção de novos estudos ambientais. A combinação destas qualidades somadas ao poder de processamento computacional permitem o desenvolvimento de um sistema inovador, onde, além do preenchimento da matriz de impacto ambiental, também foram adicionados recursos importantes para a análise dos estudos como o armazenamento de fotos, vídeos, mapas de alta resolução e relatórios detalhados. A qualidade dos dados inseridos no sistema é de responsabilidade da equipe contratada para a realização do estudo ambiental.

Os resultados obtidos são discutidos neste capítulo, onde são apresentados aspectos sobre a implementação do *software*, as principais telas do sistema, as etapas para a inclusão de um novo modelo ambiental e a inclusão do estudo de impacto ambiental da PCH Ninho da Águia.

### 5.1 Desenvolvimento do Modelo Lógico e Físico do banco de Dados

O banco de dados proposto foi elaborado a partir da matriz otimizada desenvolvida por Barbosa (2004) permitindo armazenar os dados referentes à diferentes estudos ambientais.

Alguns requisitos mínimos devem ser observados para a criação de um novo estudo ambiental: o estudo deve conter ao menos uma fase, um meio, um impacto e escala de pesos para valoração do impacto com/sem levar em conta a aplicação de medidas mitigadoras.

A Figura 8 mostra como a matriz de impactos foi desenvolvida. Cada impacto possui apenas 1 meio e múltiplas fases. Para o preenchimento da matriz é necessário aplicar o peso ao impacto sem considerar a aplicação de medidas mitigadoras e considerando a aplicação de medidas mitigadoras. O resultado é encontrado a partir do somatório dos pesos para cada fase e meio do estudo.

	Impactos	Sem Aplicação de Medidas Mitigadoras			Total	Com Aplicação de Medidas Mitigadoras			Total
		Fase 1	Fase 2	Fase n	-	Fase 1	Fase 2	Fase n	
Meio 1	1								
	2								
Meio 2	3								
Meio 3	4								
Meio n	n								
Total	-				-				

Figura 8 – Modelo de matriz de interação simplificada (BARBOSA, 2004)

As tabelas que compõem o sistema e suas especificações encontram-se abaixo.

**Tabela *MODELO\_EIA*:** Tabela responsável por armazenar os modelos ambientais (relacionados aos empreendimentos).

Tabela 4 – Tabela *Modelo\_EIA*

Tabela <i>MODELO_EIA</i>				
Atributo	Tipo de Dados	Tamanho	Descrição	Obrigatório
ID	Numérico, Inteiro, auto incremental.	-	Identificador, chave primária.	Sim
AREA	Numérico, Decimal	6	Área do empreendimento.	Não
NOME	Alfanumérico		Nome do modelo.	Sim
DESCRICA0	Alfanumérico	400	Descrição para o modelo.	Não
LAT	Alfanumérico	10	Latitude do empreendimento.	Não
LONG	Alfanumérico	10	Longitude do empreendimento.	Não
ID_VIDEO_YOUTUBE	Alfanumérico	20	Identificador do vídeo no Youtube.	Não

**Tabela *FASE*:** Tabela responsável por armazenar as fases referentes ao modelo. As fases podem ser compartilhadas entre diversos modelos.

Tabela 5 – Tabela *FASE*

Tabela <i>FASE</i>				
Atributo	Tipo de Dados	Tamanho	Descrição	Obrigatório
ID	Numérico, Inteiro, auto incremental.	-	Chave primária.	Sim
DESCRICA0	Alfanumérico	100	Descrição para fase do projeto	Sim

**Tabela *MODELO\_FASE*:** Tabela responsável por relacionar o modelo às fases que farão parte do modelo.

Tabela 6 – Tabela *MODELO\_FASE*

Tabela <i>MODELO_FASE</i>				
Atributo	Tipo de Dados	Tamanho	Descrição	Obrigatório
ID_MODELO_EIA	Numérico, Inteiro	-	Chave estrangeira, ID da tabela <i>MODELO_EIA</i> .	Sim
ID_FASE	Numérico, Inteiro	-	Chave estrangeira, ID da tabela <i>FASE</i> .	Sim

Obs.: ID\_MODELO\_EIA e ID\_FASE formam, em conjunto, uma chave composta.

**Tabela *MEIO*:** Tabela responsável por armazenar os meios que farão parte do modelo. Os meios podem ser compartilhados entre diversos modelos.

Tabela 7 – Tabela *MEIO*

Tabela <i>MEIO</i>				
Atributo	Tipo de Dados	Tamanho	Descrição	Obrigatório
ID	Numérico, Inteiro, auto incremental.	-	Chave primária.	Sim
DESCRICA0	Alfanumérico	100	Descrição para meio do projeto	Sim

**Tabela *MODELO\_MEIO*:** Tabela responsável por relacionar o modelo aos meios que farão parte do projeto.

Tabela 8 – Tabela *MODELO\_MEIO*

Tabela <i>MODELO_MEIO</i>				
Atributo	Tipo de Dados	Tamanho	Descrição	Obrigatório
ID_MODELO_EIA	Numérico, Inteiro	-	Chave estrangeira, ID da tabela MODELO_EIA.	Sim
ID_MEIO	Numérico, Inteiro	-	Chave estrangeira, ID da tabela MEIO.	Sim

Obs.: ID\_MODELO\_EIA e ID\_MEIO formam, em conjunto, uma chave composta.

**Tabela *IMPACTO*:** Tabela responsável por armazenar os impactos ambientais do modelo.

Tabela 9 – Tabela *IMPACTO*

Tabela <i>IMPACTO</i>				
Atributo	Tipo de Dados	Tamanho	Descrição	Obrigatório
ID	Numérico, Inteiro, auto incremental.	-	Chave primária.	Sim
ID_MODELO_EIA	Numérico, inteiro	-	Chave estrangeira, ID da tabela MODELO_EIA.	Sim
ID_MEIO	Numérico, Inteiro, auto incremental.	100	Chave estrangeira, ID_MEIO da tabela MODELO_MEIO.	Sim
TITULO	Alfanumérico	400	Título do impacto.	Sim
DESCRICA0	Alfanumérico	2000	Descrição do impacto.	Não
DESCRICA0_SEM_MEDIDAS	Alfanumérico	2000	Descrição do impacto sem aplicar medidas mitigadoras.	Não
DESCRICA0_COM_MEDIDAS	Alfanumérico	2000	Descrição do impacto aplicando medidas mitigadoras.	Não
LAT	Alfanumérico	10	Latitude do impacto.	Não
LONG	Alfanumérico	10	Longitude do impacto.	Não
ID_VIDEO_YOUTUBE	Alfanumérico	20	Identificador do vídeo no Youtube.	Não
SN_VIZINHANCA	Alfanumérico	1	0: Impacto local	Sim
			1: Impacto de vizinhança.	

**Tabela *PESO*:** Tabela responsável por armazenar os pesos que compõem o modelo.

Tabela 10 – Tabela *PESO*

Tabela <i>PESO</i>				
Atributo	Tipo de Dados	Tamanho	Descrição	Obrigatório
ID	Numérico, Inteiro, auto incremental.	-	Chave primária.	Sim
ID_MODELO_EIA	Numérico, Inteiro	-	Chave estrangeira, ID_MODELO_EIA da tabela MODELO_EIA.	Sim
NR_PESO	Numérico, Inteiro	-	Peso do Impacto	Sim

**Tabela *ATRIBUTO*:** Tabela responsável por armazenar os atributos de impacto. Os atributos podem ser compartilhados entre diferentes modelos.

Tabela 11 – Tabela *ATRIBUTO*

Tabela <i>ATRIBUTO</i>				
Atributo	Tipo de Dados	Tamanho	Descrição	Obrigatório
ID	Numérico, Inteiro, auto incremental.	-	Chave primária.	Sim
DESCRICA0	Alfanumérico	50	Descrição do atributo do impacto.	Sim

**Tabela *VALOR*:** Tabela responsável por armazenar os valores que farão parte da escala de pesos.



Tabela 12 – Tabela *VALOR*

Tabela <i>VALOR</i>				
Atributo	Tipo de Dados	Tamanho	Descrição	Obrigatório
ID	Numérico, Inteiro, auto incremental.	-	Chave primária.	Sim
ID_ATRIBUTO	Numérico, Inteiro	-	Chave estrangeira, ID da tabela ATRIBUTO.	Sim
DESCRICAO	Alfanumérico	50	Descrição do valor do atributo.	Sim

**Tabela *PESO\_VALOR*:** Tabela responsável por relacionar o peso aos seus valores.

Tabela 13 – Tabela *PESO\_VALOR*

Tabela <i>PESO_VALOR</i>				
Atributo	Tipo de Dados	Tamanho	Descrição	Obrigatório
ID_PESO	Numérico, Inteiro	-	Chave estrangeira, ID da tabela PESO.	Sim
ID_VALOR	Numérico, Inteiro	-	Chave estrangeira, ID da tabela VALOR.	Sim

Obs.: ID\_PESO e ID\_VALOR formam, em conjunto, uma chave composta.

**Tabela *MATRIZ\_RESULTADO*:** Tabela responsável por armazenar a valoração da matriz de impacto ambiental proposta por Barbosa (2004)

Tabela 14 – Tabela *MATRIZ\_RESULTADO*

Tabela <i>MATRIZ_RESULTADO</i>				
Atributo	Tipo de Dados	Tamanho	Descrição	Obrigatório
ID	Numérico, Inteiro, auto incremental.	-	Chave primária.	Sim
ID_IMPACTO	Numérico, Inteiro	-	Chave estrangeira, ID da tabela PESO.	Sim
ID_FASE	Numérico, Inteiro	-	Chave estrangeira, ID da tabela FASE.	Sim
ID_PESO	Numérico, Inteiro	-	Chave estrangeira, ID da tabela PESO.	Sim
SN_COMPENSACAO	Alfanumérico	1	0: Sem Compensação	Sim
			1: Com Compensação	
JUSTIFICATIVA	Alfanumérico	800	Justificativa para o peso relacionado ao impacto.	Não

**Tabela *QUALIDADE\_AGUA*:** Tabela responsável por armazenar os dados de qualidade da água ( $q_i$ ) para cada parâmetro, bem como, o índice de qualidade da água (IQA) em coordenada relativa ao impacto.

Tabela 15 – Tabela *QUALIDADE\_AGUA*

Tabela <i>QUALIDADE_AGUA</i>				
Atributo	Tipo de Dados	Tamanho	Descrição	Obrigatório
ID	Númerico, Inteiro, auto incremental.	-	Chave primária.	Sim
ID_IMPACTO	Númerico, Inteiro	-	Chave estrangeira, ID da tabela IMPACTO.	Sim
COLI	Númerico, decimal	6	Resultado da análise para Coli termotolerantes (NMP/100mL).	Sim
PESO_COLI	Númerico, decimal	6	Peso para Coli termotolerantes	Sim
NOTA_COLI	Númerico, decimal	6	Nota de qualidade ( $q_i$ ) após calculo para Coli termotolerantes.	Sim
PH	Númerico, decimal	6	Resultado da análise para pH.	Sim
PESO_PH	Númerico, decimal	6	Peso para pH.	Sim
NOTA_PH	Númerico, decimal	6	Nota de qualidade ( $q_i$ ) após cálculo para pH.	Sim
DBO	Númerico, decimal	6	Resultado da análise para DBO (mg/L).	Sim
PESO_DBO	Númerico, decimal	6	Peso para DBO.	Sim
NOTA_DBO	Númerico, decimal	6	Nota de qualidade ( $q_i$ ) após calculo para DBO.	Sim
NITROGENIO_TOTAL	Númerico, decimal	6	Resultado da análise para nitrogênio total (mg/L).	Sim
PESO_NITROGENIO_TOTAL	Númerico, decimal	6	Peso para nitrogênio total.	Sim
NOTAL_NITROGENIO_TOTAL	Númerico, decimal	6	Nota de qualidade ( $q_i$ ) após cálculo para nitrogênio total.	Sim
FOSFORO	Númerico, decimal	6	Resultado da análise para fósforo (mg/L).	Sim
PESO_FOSFORO	Númerico, decimal	6	Peso para fósforo.	Sim
NOTA_FOSFORO	Númerico, decimal	6	Nota de qualidade ( $q_i$ ) após análise para fósforo.	Sim
VARIACAO_TEMPERATURA	Númerico, decimal	6	Resultado da análise para variação de temperatura (°C).	Sim
PESO_VARIACAO_TEMPERATURA	Númerico, decimal	6	Peso para variação de temperatura.	Sim
NOTA_VARIACAO_TEMPERATURA	Númerico, decimal	6	Nota de qualidade ( $q_i$ ) após análise para variação de temperatura.	Sim
TURBIDEZ	Númerico, decimal	6	Resultado da análise para turbidez (NTU).	Sim
PESO_TURBIDEZ	Númerico, decimal	6	Peso para turbidez.	Sim
NOTA_TURBIDEZ	Númerico, decimal	6	Nota de qualidade ( $q_i$ ) após análise para turbidez.	Sim
SOLIDOS_TOTAIS	Númerico, decimal	6	Resultado da análise para sólidos totais (mg/L).	Sim
PESO_SOLIDOS_TOTAIS	Númerico, decimal	6	Peso para sólidos totais.	Sim
NOTA_SOLIDOS_TOTAIS	Númerico, decimal	6	Nota de qualidade ( $q_i$ ) após análise para sólidos totais.	Sim
OD	Númerico, decimal	6	Resultado da análise para OD (% saturação).	Sim
PESO_OD	Númerico, decimal	6	Peso para OD.	Sim
NOTA_OD	Númerico, decimal	6	Nota de qualidade ( $q_i$ ) após análise para OD.	Sim
TEMPERATURA	Númerico, decimal	6	Temperatura do líquido analisado.	Sim
ALTITUDE	Númerico, decimal	6	Altitude da coleta do líquido.	Sim
INDICE_QUALIDADE_AGUA	Númerico, decimal	6	Índice da qualidade de Água (IQA)	Não

O modelo Entidade x Relacionamento, referente ao sistema proposto, pode ser observado na Figura 9.

A tabela *MATRIZ\_RESULTADO* possui uma ligação de um-para-muitos com as entidades *IMPACTO*, *PESO* e *FASE*, onde são identificados todos os impactos, o peso atribuído a cada impacto e a fase do projeto em que o impacto se encontra. Para uma maior organização na extração dos dados as tabelas *MEIO* e *FASE* foram separadas da tabela *MODELO\_EIA*, responsável por armazenar os modelos ambientais. As tabelas *CAMPO\_ADICIONAL\_IMPACTO* e *CAMPO\_ADICIONAL\_MODELO*, funcionam como tabelas auxiliares do tipo “chave-valor”, onde é possível adicionar campos extras dinamicamente.

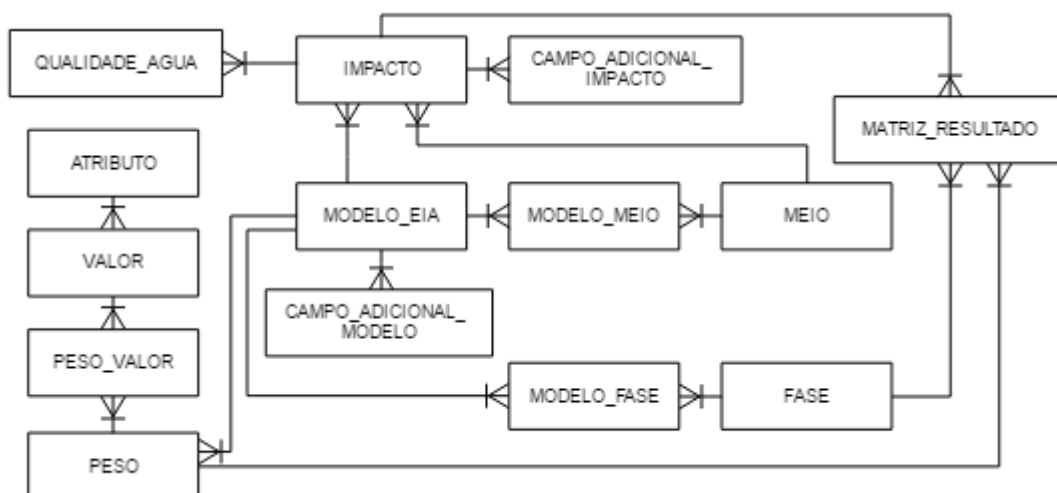


Figura 9 – Modelo Entidade x Relacionamento

## 5.2 Desenvolvimento da Ferramenta

A adoção do padrão MVC permite a separação entre as camadas de modelo, visão e controle. A estrutura da aplicação desenvolvida e seus detalhes são apresentados na Tabela 16.

Tabela 16 – Descrição da estrutura do projeto.

Pasta	Descrição
<i>Properties</i>	Armazena as propriedades gerais do projeto;
<i>References</i>	Referências dos assemblies adicionados ao projeto;
<i>App_Data</i>	Arquivos de banco de dados, xml, txt, etc.;
<i>App_Start</i>	Arquivos de configuração do projeto, como filtros, rotas, etc.;
<i>Content</i>	Arquivos de estilo (css);
<i>Controllers</i>	Camada de Controle da aplicação;
<i>fonts</i>	Fotes padrão para o Bootstrap;
<i>Models</i>	Camada do modelo da aplicação - Armazena classes e configurações do banco de dados;
<i>Scripts</i>	Arquivos JavaScript – JQuery, Bootstrap;
<i>Views</i>	Camada de visão da aplicação - Arquivos UI do projeto, para cada controle há uma pasta <i>view</i> com o mesmo nome;
<i>ViewModel</i>	Modelos adaptados para utilização em <i>views</i> .

Os arquivos de imagem e vetores são armazenados via “sistema de arquivos” com o objetivo de aumentar a velocidade do acesso aos dados (SEARS; INGEN; GRAY, 2006). Para o correto funcionamento da aplicação é necessário habilitar permissão de escrita no servidor para o diretório “Content”.

Toda a comunicação entre a máquina cliente e o servidor é feita via Servidor *Web* (IIS - *Internet Information Services*), possibilitando o acesso remoto à ferramenta.

O diagrama de classes (Figura 10) mostra a relação entre as classes do sistema (camada de dados e camada de controle). A classe principal MODELO\_EIA é responsável pela manipulação dos estudos ambientais, o processamento referente à essa entidade é executado pelo controle ModeloEIAController.

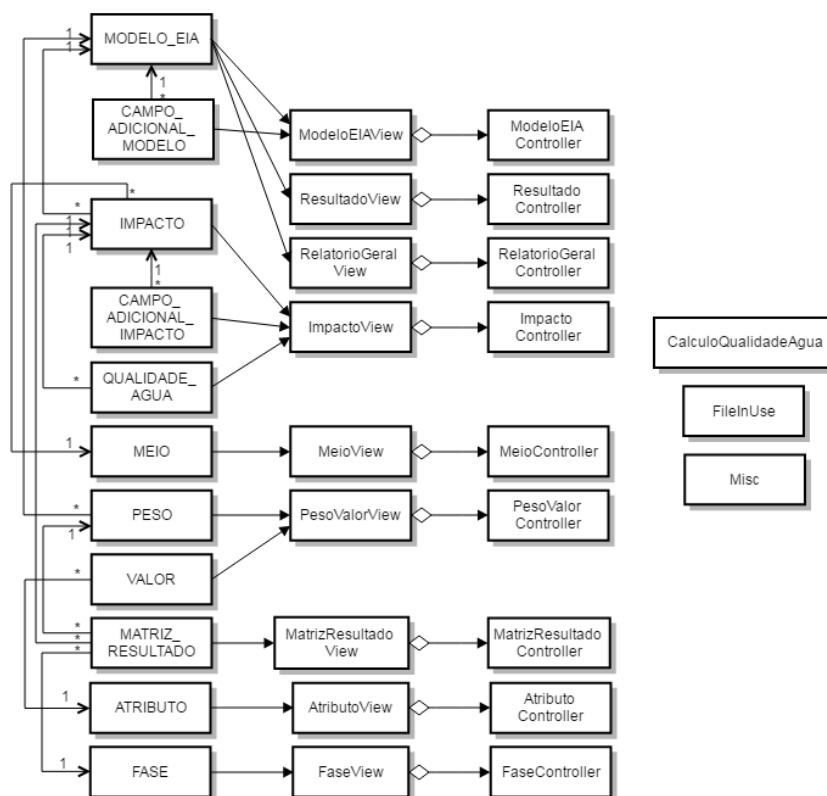


Figura 10 – Diagrama de classes proposto para o sistema

### 5.2.1 Camada de Dados: Mapeamento dos Dados

Todo o mapeamento dos dados foi realizado através do *Framework Entity*, após a criação do banco de dados, foi utilizada engenharia reversa (*Database-first*) para a geração do modelo de dados que compõem o projeto.

A validação é realizada a partir das “anotações de dados”, adicionando atributos diretamente às propriedades.

Como visto no capítulo 3.12.1, a camada de dados é responsável por armazenar dados e realizar a comunicação com o banco de dados, ela reflete o modelo Entidade x Relacionamento. As tabelas e campos do banco de dados são transformadas em objetos, com exceção das tabelas de ligação.

### 5.2.2 Camada de Controle

Como visto no capítulo 3.12.1, uma classe de controle é responsável por traduzir solicitações de entrada em respostas de saída.

Todas as classes de controle possuem os métodos básicos para manutenção de suas tabelas no banco de dados. As descrições e os diagramas de sequência para estes métodos seguem abaixo:

**Index:** O método *Index* seleciona todos os dados de uma entidade;

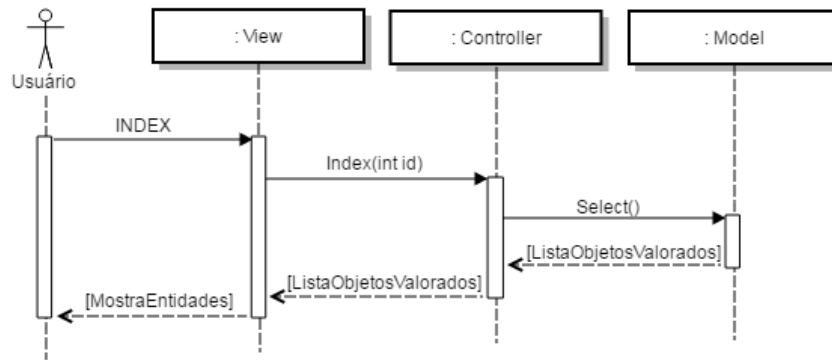


Figura 11 – Diagrama de sequência - Método *Index*

**Details:** O método *Details* retorna todos os detalhes de um objeto específico;

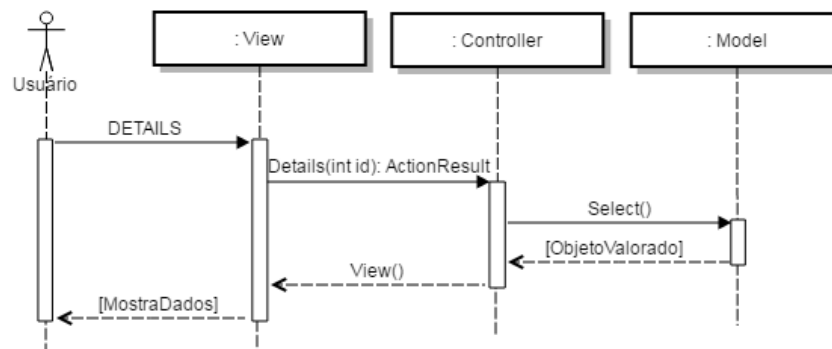


Figura 12 – Diagrama de sequência - Método *Details*

**Create:** O método *Create* é responsável pela criação de um novo objeto;

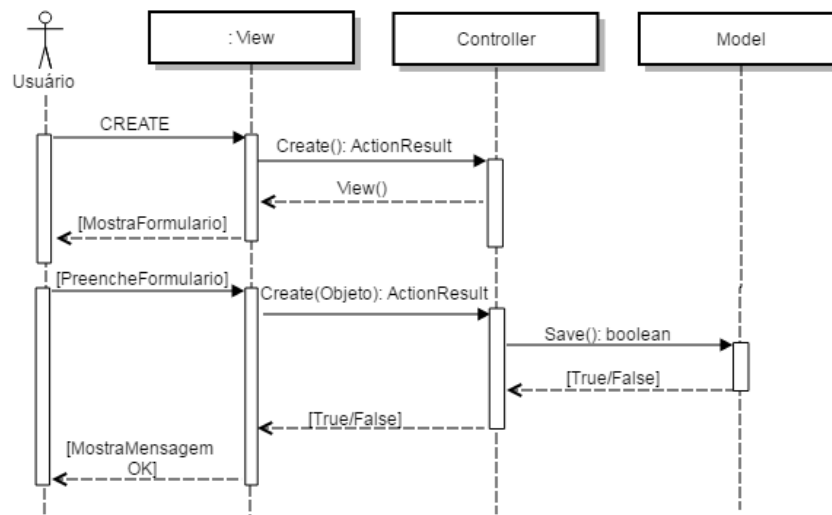


Figura 13 – Diagrama de sequência - Método *Create*

**Edit:** O método *Edit* é responsável pela alteração/edição de um objeto específico;

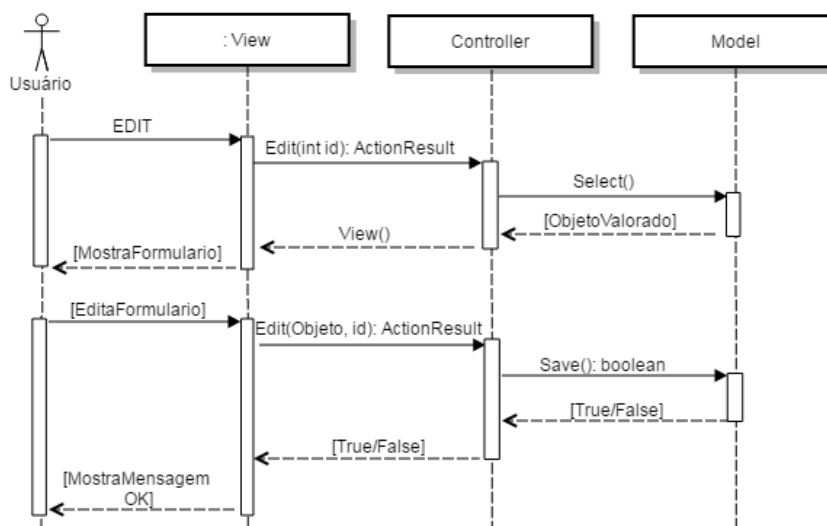


Figura 14 – Diagrama de sequência - Método *Edit*

**Delete e DeleteConfirmed:** Os métodos *Delete* e *DeleteConfirmed* são responsáveis, respectivamente, pela apresentação dos dados de um objeto específico que será excluído e pela exclusão do objeto;

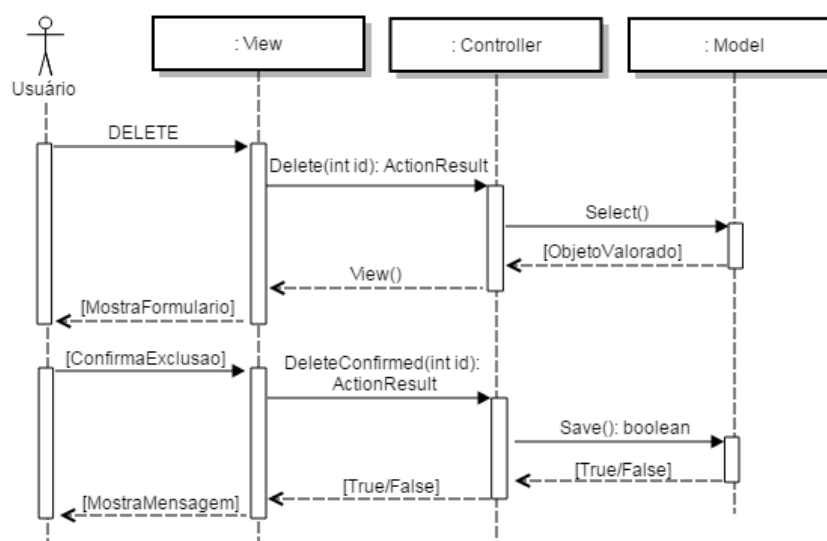


Figura 15 – Diagrama de sequência - Método *Delete* e *DeleteConfirmed*

Os demais métodos utilizados nas classes de controle são métodos AJAX (ver capítulo 3.10.1) e retornam as solicitações em formato JSON<sup>1</sup>.

As seguintes classes e seus demais métodos compõem a camada de controle:

**AtributoController:** A classe *AtributoController* (Figura 16), é responsável pela manutenção dos atributos dos modelos ambientais.

<sup>1</sup> Acrônimo para *JavaScript Object Notation*, é um modelo para armazenamento e transmissão de informações no formato texto.

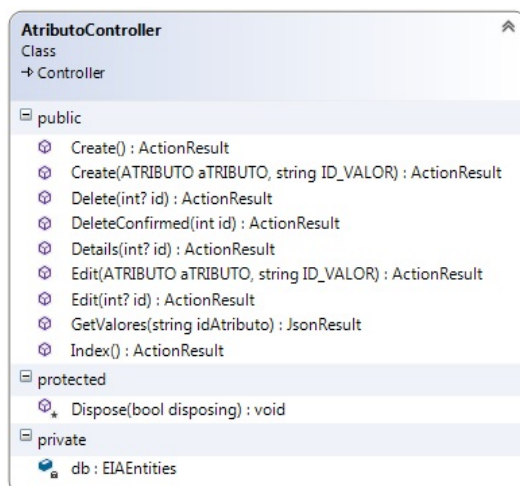


Figura 16 – Controle *AtributoController*

O método *GetValores* é responsável por retornar todos os valores associados a um atributo específico.

**FaseController:** A classe *FaseController* (Figura 17) realiza a manutenção das fases utilizadas nos modelos ambientais e possui os métodos básicos para realizar tais tarefas.

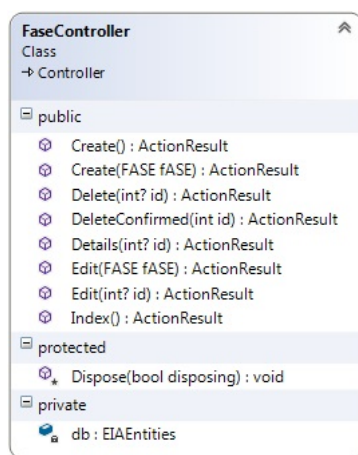


Figura 17 – Controle *FaseController*

**ImpactoController:** A classe *ImpactoController* (Figura 18) é responsável pela manutenção dos impactos de um modelo ambiental.

O método *GetImage* retorna uma imagem relacionada ao impacto específico.

As imagens relacionadas aos impactos são armazenadas em sistema de arquivos (*filesystem*). A seguinte estrutura é criada para acomodar os arquivos:

```
Content/imagensImpacto/{IDENTIFICADOR DO MODELO}/{IDENTIFICADOR DO IMPACTO}/
```

O método *GetMap* retorna os dados necessários para a renderização do mapa (Google Maps API), são eles: coordenadas geográficas do impacto (latitude e longitude) e arquivo KML<sup>2</sup>

<sup>2</sup> KML - Acrônimo para *Keyhole Markup Language*, é uma linguagem baseada em XML, utilizada para visualização de dados geográficos.

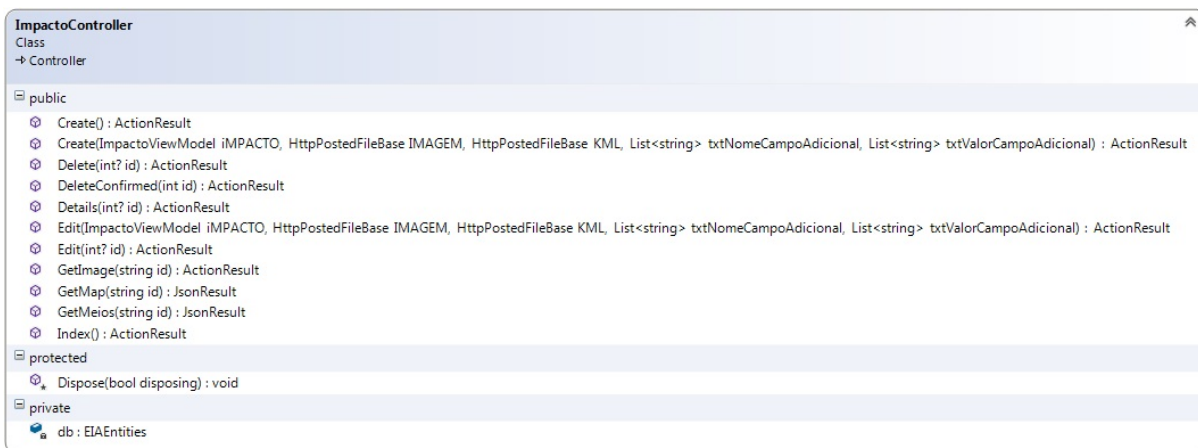


Figura 18 – Controle *ImpactoController*

contendo os limites geográficos do impacto.

Os arquivos KML são armazenados em sistema de arquivos. A seguinte estrutura é criada para acomodar os dados:

```
Content/kmlImpacto/{IDENTIFICADOR DO MODELO}/{IDENTIFICADOR DO IMPACTO}/
```

O método *GetMeios* retorna todos os meios relacionados ao impacto.

**MatrizResultadoController:** A classe *MatrizResultadoController* (Figura 19) é responsável pela manutenção da matriz de impacto ambiental proposta por Barbosa (2004).

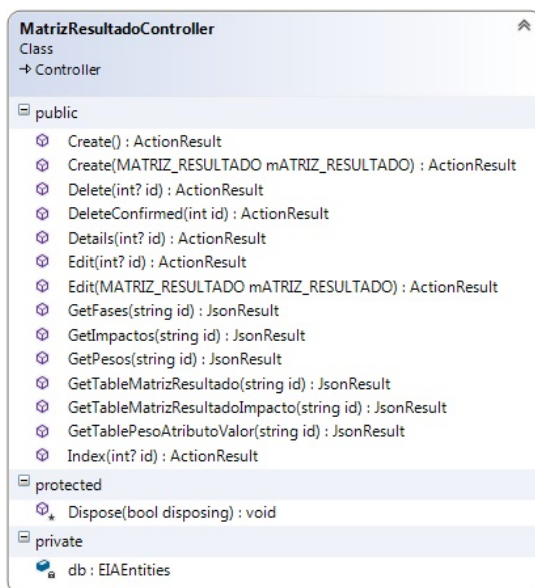


Figura 19 – Controle *MatrizResultadoController*

O método *GetFases* é responsável por retornar todas as fases existentes de um modelo ambiental.

O método *GetImpactos* retorna todos os impactos relacionados a um modelo ambiental.

O método *GetTableMatrizResultados* retorna a matriz valorada para um modelo ambiental.



O método *GetTableMatrizResultadoImpacto* retorna a matriz valorada para um impacto.

O método *GetTablePesoAtributoValor* retorna os atributos e valores correspondentes a um peso.

**MeioController:** A classe *MeioController* (Figura 20) é responsável pela manutenção dos meios dos modelos ambientais e possui os métodos básicos para realizar tais tarefas.

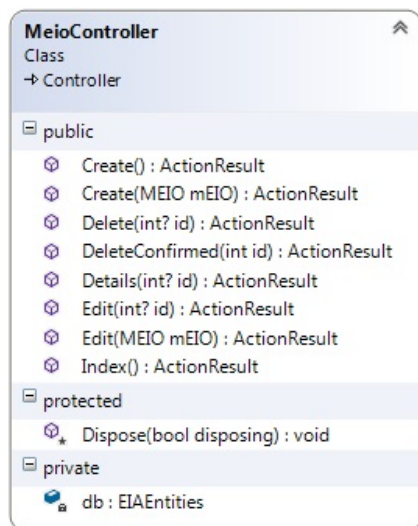


Figura 20 – Controle *MeioController*

**ModeloEIAController:** A classe *ModeloEIAController* (Figura 21) é responsável pela manutenção dos modelos ambientais.

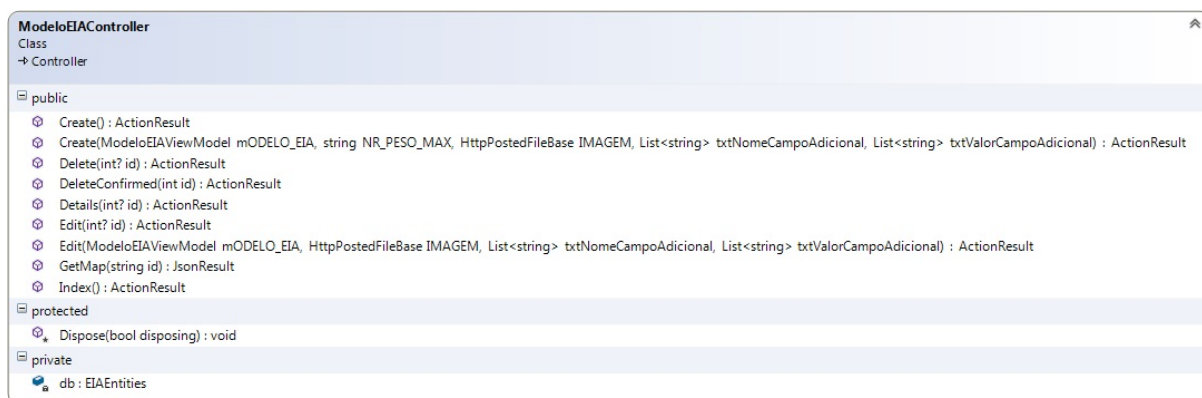


Figura 21 – Controle *ModeloEIAController*

O método *GetMap* retorna os dados necessários para a renderização do mapa, são eles: coordenadas geográficas do modelo (latitude e longitude) e arquivo KML contendo os limites geográficos do impacto.

Os arquivos KML são armazenados em sistema de arquivos. A seguinte estrutura é criada para acomodar os dados:

```
ContentkmlModelo/{IDENTIFICADOR DO MODELO}/
```

**PesoValorController:** A classe *PesoValorController* (Figura 22) é responsável pela manutenção da escala de pesos, relacionando um peso aos atributos e valores desejados.

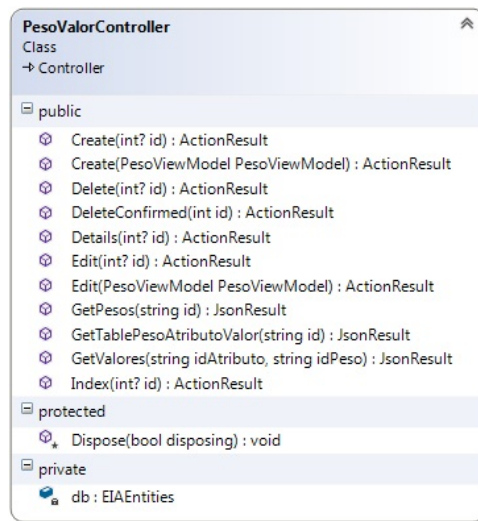


Figura 22 – Controle *PesoController*

O método *GetPesos* retorna todos os pesos relativos a um modelo.

O método *GetTablePesoAtributoValor* retorna os atributos e valores de um peso específico.

O método *GetValores* retorna os valores de um atributo ou peso.

**RelatorioGeralController:** A classe *RelatorioGeralController* (Figura 23) é responsável pelo processamento do relatório em formato PDF.



Figura 23 – Controle *RelatorioGeralController*

O método *Index* é responsável por processar e construir todo o relatório, com os resultados de um modelo ambiental.

**ResultadoController:** A classe *ResultadoController* (Figura 24) é responsável pelo processamento dos dados na página de resultados.

O método *GerarGrafico* realiza uma chamada ao método responsável pela criação dos gráficos (ver capítulo 5.2.3) relativos as fases e meios de um modelo, bem como de um impacto individualmente, retornando um gráfico do tipo *System.Web.UI.DataVisualization.Charting*.

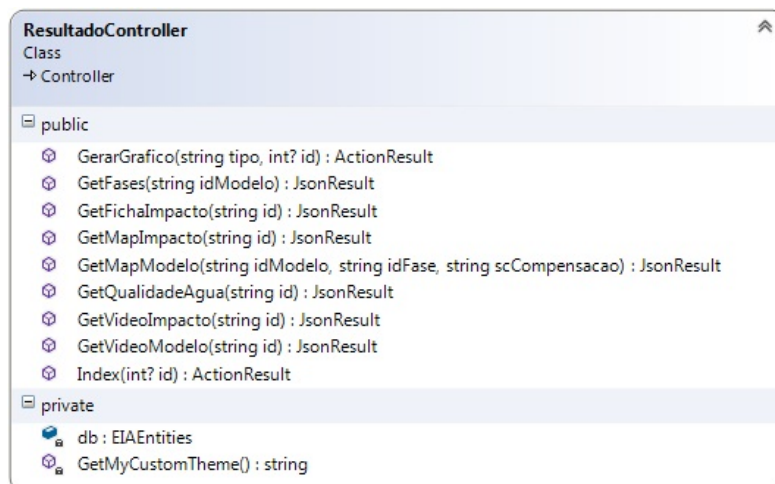


Figura 24 – Controle *ResultadoController*

O método *GetFases* retorna as fases que pertencem a um modelo.

O método *GetFichaImpacto* retorna todos os dados de um impacto, incluindo os pesos atribuídos a ele.

O método *GetMapModelo* retorna as coordenadas geográficas (latitude e longitude) do modelo para uso no Google Maps API, os arquivos KML e seus impactos (incluindo todas propriedades). Os impactos são classificados de acordo com seu peso, o método *GetMapModelo* atribui uma cor para cada impacto valorado (quanto mais escuro, maior o peso e maior o impacto sobre o maior ambiente).

O método *GetQualidadeAgua* realiza chamada aos métodos da classe *CalculoQualidadeAgua* (ver capítulo 5.2.3), que retorna os índices de qualidade da água para cada parâmetro ( $q_i$ ) e o índice de qualidade da água geral (IQA).

O método *GetVideoImpacto* e *GetVideoModelo* retornam respectivamente a url do vídeo de um impacto e a url do vídeo de um modelo.

Os métodos de inclusão do vídeo extraem apenas o identificador do vídeo através de expressões regulares<sup>3</sup>.

### 5.2.3 Classes Auxiliares

***CalculoQualidadeAgua***: A classe *CalculoQualidadeAgua* (Figura 25) é responsável pelo cálculo da qualidade de água ( $q_i$ ) para cada parâmetro e cálculo do índice de qualidade da água (IQA).

Para realizar os cálculos foram utilizadas as equações representativas das curvas de qualidade da NSF, elaboradas pela CETESB (Tabela 2).

O método *getQiColi* calcula o valor da qualidade ( $q_i$ ) para o parâmetro *Coli Termotolerantes* e recebe como parâmetro de entrada o resultado da análise em *NMP/1000mL*.

O método *getQiPh* calcula o valor da qualidade ( $q_i$ ) para o parâmetro *pH* e recebe como parâmetro de entrada o resultado da análise em unidades de *pH*.

<sup>3</sup> É um método que utiliza caracteres especiais para especificar um padrão de texto.

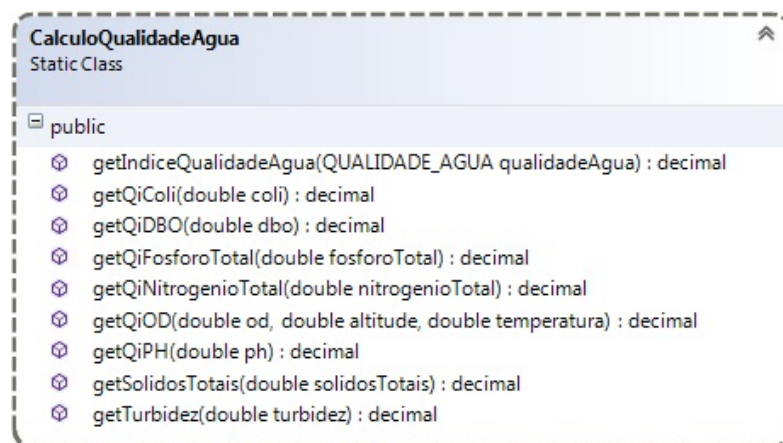


Figura 25 – Classe *CalculoQualidadeAgua*

O método *getQiDBO* calcula o valor da qualidade ( $q_i$ ) para o parâmetro *DBO* e recebe como parâmetro de entrada o resultado da análise em *mg/L*.

O método *getQiNitrogenioTotal* calcula o valor da qualidade ( $q_i$ ) para o parâmetro *Nitrogênio Total* e recebe como parâmetro de entrada o resultado da análise em *mg/L*.

O método *getQiFosforoTotal* calcula o valor da qualidade ( $q_i$ ) para o parâmetro *Fósforo Total* e recebe como parâmetro de entrada o resultado da análise em *mg/L*.

O método *getTurbidez* calcula o valor da qualidade ( $q_i$ ) para o parâmetro *Turbidez* e recebe como parâmetro de entrada o resultado da análise em *NTU*.

O método *getSolidosTotais* calcula o valor da qualidade ( $q_i$ ) para o parâmetro *Sólidos Totais* e recebe como parâmetro de entrada o resultado da análise em *mg/L*.

O método *getQiOD* calcula o valor da qualidade ( $q_i$ ) para o parâmetro *OD* e recebe como parâmetro de entrada o resultado da análise em taxa (%) de saturação, a altitude da coleta em metros e a temperatura do líquido em °C.

O método *getIndiceQualidadeAgua* calcula o valor do índice de qualidade da água (IQA) e recebe como parâmetro de entrada um objeto do tipo *QUALIDADE\_AGUA*, contendo as notas (qualidade calculada para cada parâmetro) e seus respectivos pesos.

**Classe Misc:** A classe *Misc* (Figura 26) é uma classe com alguns métodos úteis e utilizados em várias partes da aplicação.

O método *GetGrafico* realiza consulta ao banco de dados, retornando um objeto do tipo *System.Web.UI.DataVisualization.Charting.Chart*.

Caso o tipo de gráfico escolhido seja *Fase*, o método realiza o somatório dos pesos (sem medidas mitigadoras e com medidas mitigadoras) para cada fase do modelo.

Caso o tipo seja *Meio*, o método realiza o somatório dos pesos (sem medidas mitigadoras e com medidas mitigadoras) para cada meio do modelo.

Caso o tipo seja *Impacto*, o método realiza o somatório dos pesos (sem medidas mitigadoras e com medidas mitigadoras) para o impacto individualmente.

O método *SaveFile* realiza os procedimentos para inclusão de um arquivo (imagem e

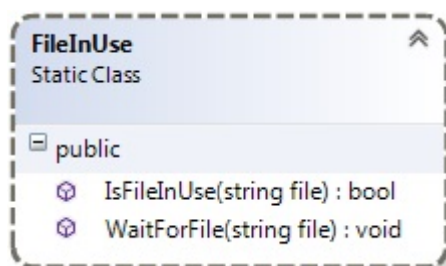
Figura 26 – Classe *Misc*

KML) no sistema de arquivos.

O método *DeleteFile* realiza a exclusão de um arquivo no sistema de arquivos.

O método *UpdateFile* realiza a atualização de um arquivo no sistema de arquivos.

**Classe *FileInUse*:** A classe *FileInUse* (Figura 27) é responsável por verificar se um arquivo está sendo utilizado por outro processo.

Figura 27 – Classe *FileInUse*

O método *IsFileInUse* retorna verdadeiro caso o arquivo *file* a ser acessado estiver em uso, retorna falso caso contrário.

O método *WaitForFile* aguarda a liberação do arquivo caso o arquivo *file* a ser acessado estiver em uso.

#### 5.2.4 Camada de Visão

Como visto no capítulo 3.12.1, a camada de visão é responsável pela apresentação dos componentes gráficos da aplicação.

O carregamento da maioria dos controles no sistema é feito de forma assíncrona, utilizando o método *jquery.ajax()*, realizando uma chamada ao método desejado da camada de Controle.

A Figura 28 mostra a *view* inicial do sistema. Os menus de navegação são posicionados ao topo da aplicação.

No menu *Variáveis Globais* (Figura 29) é possível o acesso à manutenção de entidades que podem ser compartilhadas entre vários modelos (meios, fases e atributos de impacto).





Contato Variáveis Globais ▾ Manutenção de Modelos ▾

## Otimização da Avaliação de Impactos Ambientais

Software piloto, em fase de testes, desenvolvido pelo Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática (NEPA), como parte do programa de Mestrado em Engenharia de Energia, pela Universidade Federal de Itajubá. Sugestões para melhorias e críticas são bem-vindas.

Baseada na matriz proposta por Leopold(1971), utilizada e difundida mundialmente, a ferramenta possibilita a criação de um tipo específico de matriz para quantificar impactos ambientais identificados em qualquer fase de um empreendimento potencialmente danoso ao meio ambiente (PCHs, UTEs, UHES, CGHs, etc.)

O software engloba a previsão/análise da quantidade de unidades de impactos(UIA) antes e após a adoção de medidas mitigadoras, a Avaliação Ambiental Estratégica (AAE) além da análise de impactos de vizinhança.

O software foi elaborado com a finalidade de agilizar a avaliação de impactos ambientais e tentar reduzir a subjetividade existente nos processos.

A ferramenta aceita a personalização das fases do empreendimento, bem como, os meios em que os impactos se enquadram.

Obs.: Os investimentos em medidas mitigadoras deverão estar fundamentados em estudo técnico-econômico de maneira a ter certeza que os investimentos realizados nas mesmas tenham retorno esperado. O software foi elaborado com base no estudo realizado por Barbosa/Dupas 2004 (Análise do estudo de impacto ambiental da PCH Ninho da Águia. Proposta de otimização do processo de licenciamento ambiental utilizando uma matriz simplificada).

Autor: Leonardo Kenworthy Brandão  
Orientador: Francisco Antônio Dupas

© 2016 - Universidade Federal de Itajubá

Figura 28 – View inicial da aplicação



Figura 29 – Menu *Variáveis Globais*

O menu *Manutenção de Modelos* (Figura 30) mostra as opções para a manutenção de modelos ambientais (novos modelos, criação da escala de pesos, impactos, preenchimento da matriz e visualização dos resultados).



Figura 30 – Menu *Manutenção de Modelos*

As figuras 31 e 32 mostram respectivamente as *views* responsáveis pela manutenção de meios e fases (podem ser compartilhados entre diversos modelos).



The screenshot shows a web interface for creating a new 'Meio' (Medium). At the top, there is a navigation bar with a logo on the left and three menu items: 'Contato', 'Variáveis Globais', and 'Manutenção de Modelos'. Below the navigation bar, the main heading is 'Criar Novo' followed by 'Meio'. The form contains a 'Descrição' label and a text input field with the value 'Físico'. Below the input field is a 'Salvar' button. At the bottom left of the form area, there is a link that says 'Voltar à Lista'.

Figura 31 – Menu *Manutenção de Meios*



The screenshot shows a web interface for creating a new 'Fase' (Phase). It has the same navigation bar as Figure 31. The main heading is 'Criar Novo' followed by 'Fase'. The form contains a 'Descrição' label and a text input field with the value 'Planejamento'. Below the input field is a 'Salvar' button.

Figura 32 – Menu *Manutenção de Fases*

A Figura 33 mostra a *view* para criação de um novo modelo (menu *Manutenção de Modelos -> Modelo*). Além dos campos básicos para iniciar a criação de um modelo, é possível adicionar campos e valores extras que possam ser úteis ao estudo ambiental e que sejam relacionados ao modelo de uma forma mais ampla.

Para relacionar os atributos a seus respectivos pesos (menu *Manutenção de Modelos -> Peso/Atributo*), é necessário selecionar o peso desejado aos atributos e valores (Figura 34). Por exemplo, o peso 0 (zero) possui atributos *Abrangência* com valor *Local*, *Magnitude* com valor *Média* e *Reversibilidade* com valor *Reversível*.

Na Figura 35 é possível observar a *view* para inclusão dos impactos ambientais que farão parte do modelo. Da mesma forma que na inclusão de um modelo, é possível adicionar campos e valores extras relevantes ao estudo e que sejam relacionados diretamente com o impacto (menu *Manutenção de Modelos -> Impactos*).

Para a valoração da matriz de impacto ambiental (menu *Manutenção de Modelos -> Valorar Matriz*) é necessário selecionar o impacto a ser valorado, a fase em que o impacto se encontra, o peso atribuído ao impacto, a justificativa para o peso atribuído ao impacto e também se o peso foi atribuído antes ou após a análise da aplicação de medidas mitigadoras (ver Figura 36).

**Criar Novo**  
Modelo

**Nome**

**Descrição**

**Área Total(ha)**

**Latitude**

**Longitude**

**Uri do Vídeo no YouTube**

**Selecione um Arquivo KML**

**Escala de Pesos** 0 à

**Meios** Físico  Biológico  Antrópico

**Fases** Planejamento  Implantação  Operação  Planejamento/Implantação

**Campo/Valor Adicional**

**Campo**  Remover Campo

**Valor**

[Voltar à Lista](#)

Figura 33 – View para criação de um novo modelo.

**Criar Novo**  
Peso/Valor

**Modelo**

**Peso**

**Abrangência**

**Atributo**

**Valor**  Nenhum  Permanente  Temporário  Cíclico

[Voltar à Lista](#)

Figura 34 – View para criação da escala de pesos.



Contato Variáveis Globais Manutenção de Modelos

### Criar Novo Impacto

**Modelo** Modelo Teste

**Título** Impacto 1

**Meio** Biológico

**Descrição** Descrição para o impacto 1.

**Descrição/Sem Medidas** Descrição do impacto sem a aplicação de medidas mitigadoras.

**Descrição/Com Medidas** Descrição do impacto com a aplicação de medidas mitigadoras.

**Latitude** -22.486

**Longitude** -45.346

**Uri do Video no YouTube**

**Impacto de Vizinhança** Sim

**Selecione uma Imagem** MapaGerat.png

**Selecione um Arquivo KML** IMPACTO1.kml

**Análise de Qualidade da Água**

<b>Temperatura do Líquido</b>	22
	°C
<b>Altitude</b>	200
	m
<b>Coli Termotolera</b>	10
	NMP/100mL
<b>pH</b>	6.8
	Unidades de pH
<b>DBO5</b>	3
	mg/L
<b>Nitrogênio Total</b>	0.3
	mg/L
<b>Fósforo Total</b>	0.05
	mg/L
<b>Turbidez</b>	20
	NTU
<b>Sólidos Totais</b>	100
	mg/L
<b>OD</b>	8
	mg/L

**Campo/Valor Adicional**

Campo	Remover Campo
Campo extra para o impacto	
Valor	
Valor desejado.	

Adicionar Campo

Salvar

[Voltar à Lista](#)

Figura 35 – View para criação de um novo impacto.

**Modelo**: PCH - Ninho da Águia

**Impacto**: Instalação/acirramento de processos

	Planejamento	Implantação	Operação
Sem Compensação	0	2	0
Com Compensação	0	1	0

**Fase**: Planejamento

**Peso**: 1

Abrangência	Magnitude	Reflexo	Reversibilidade
Local	Baixa	Positivo Indireto	Reversível

**Medidas Mitigadoras**: Sem Compensação

**Justificativa**: Justificativa para o peso adotado.

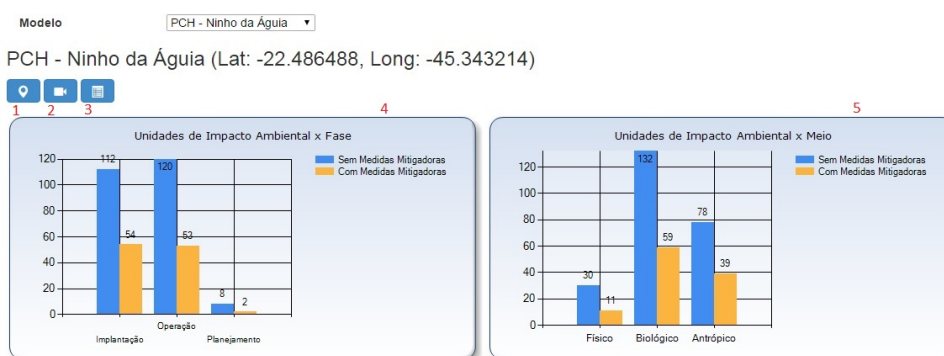
Salvar

Impacto	Fase	Peso	Compensação
Instalação/acirramento de processos erosivos e de movimentos de massa associados às obras de construção da PCH e as operações de desmate na área do reservatório.	Planejamento	0	Não
Supressão de solos com aptidão para pastagens e pequenas lavouras.	Planejamento	0	Não
Sólidos em suspensão no ar.	Planejamento	0	Não
Acirramento e/ou instalação de movimentos de massa nas áreas marginais ao reservatório com consequente alteração na qualidade das águas do ambiente lótico e consequente comprometimento do uso das áreas do entorno do reservatório.	Planejamento	0	Não
Instabilização de margens e risco de comprometimento de áreas marginais.	Planejamento	0	Não
Perda de vegetação	Planejamento	1	Não
Dispersão da fauna de vertebrados alados e terrestres.	Planejamento	1	Não
Alteração da qualidade das águas frente ao descarte de efluentes, à disposição inadequada e resíduos e de insumos nas áreas do canteiro de obras, oficinas, alojamentos, refeitório e área de lazer.	Planejamento	0	Não

Figura 36 – View para atribuição de pesos aos impactos.

Na tela de resultados (menu *Manutenção de Modelos* -> *Resultados*) é possível a visualização e navegação dos resultados obtidos após a inclusão do modelo ambiental e respectiva valoração.

A Figura 37 mostra a *view* de resultados do modelo, cada item é descrito a seguir:



### 6 Relatório Analítico - Reduções UIA

Impacto	Meio	Planejamento	Implantação	Operação
Instalação/acirramento de processos erosivos e de movimentos de massa associados às obras de construção da PCH e as operações de desmate na área do reservatório.	Físico	0	1	0
Supressão de solos com aptidão para pastagens e pequenas lavouras.	Físico	0	2	0
Sólidos em suspensão no ar.	Físico	0	2	0

Figura 37 – View para visualização e navegação dos resultados.

1. Navegação feita através de imagens de satélite utilizando Google Maps API: É possível visualizar os limites geográficos da área do empreendimento (modelo) e do impacto referente à fase desejada, sem ou com a aplicação de medidas mitigadoras. Selecionando um impacto diretamente no mapa através de seu respectivo *marker*, a aplicação mostra os principais detalhes sobre o impacto (Figura 38).

Os impactos são classificados por cor, quanto mais danoso ao meio ambiente, mais escura se torna a área do referido impacto no mapa.

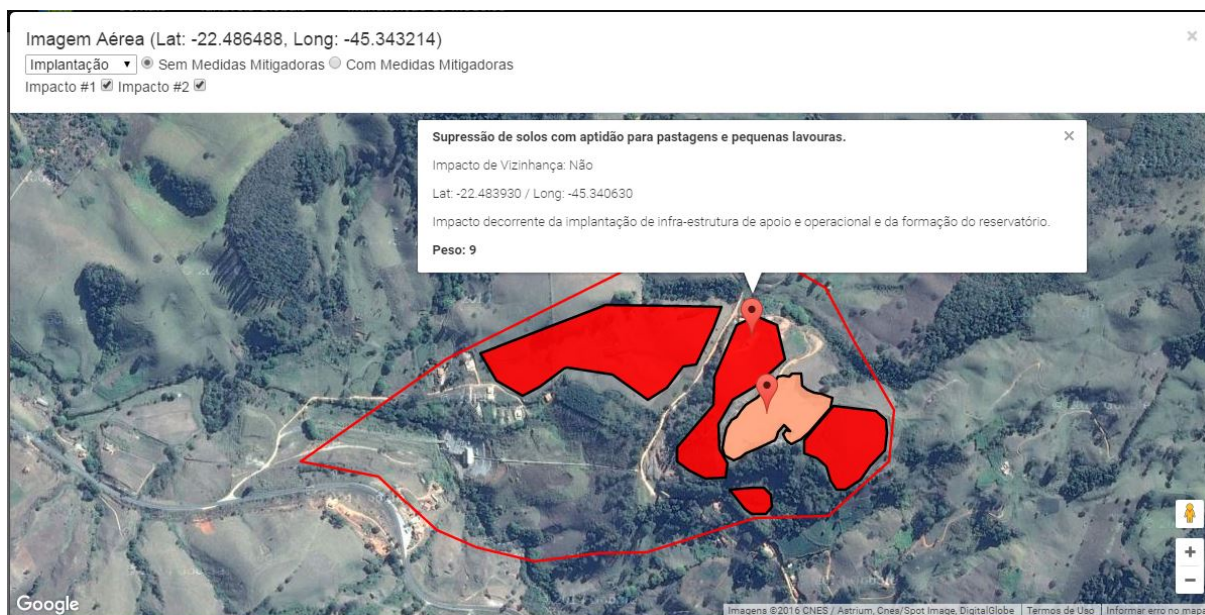


Figura 38 – Visualização do mapa do modelo.

2. Visualização do vídeo do modelo ou empreendimento (Figura 39);

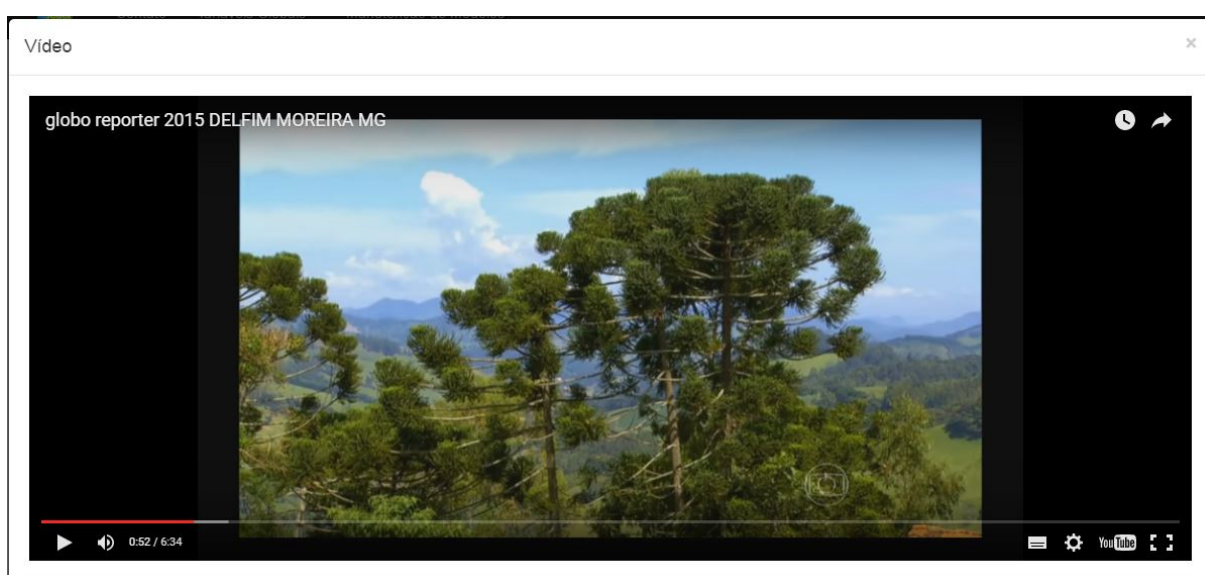


Figura 39 – Visualização do vídeo do modelo.

3. Relatório consolidado em formato *PDF*, contendo todas informações do modelo;



4. Gráfico relativo a fase: Gráfico com somatório dos pesos da matriz para cada fase do modelo, podendo observar as alterações após a aplicação de medidas mitigadoras;
5. Gráfico relativo ao meio: Gráfico com o somatório dos pesos da matriz para cada meio, podendo observar alterações após a aplicação de medidas mitigadoras;
6. Relatório detalhado: Redução obtida em cada meio e todos detalhes do impacto (pesos, mapa com limites geográficos do impacto, vídeo do impacto e análise de qualidade da água), com todos impactos ambientais agrupados pelo meio em que ele se encontra (figuras 40, 41 e 42)

Imagem Aérea (Lat:-22.485427, Long:-45.340308)



Figura 40 – Visualização do mapa do impacto.

Instalação/acirramento de processos erosivos e de movimentos de massa associados às obras de construção da PCH e as operações de desmate na área do reservatório.

**Meio:** Físico

**Descrição:** Corte, aterros e exposição de solos (estas também na área do reservatório associada ao desmate) nas áreas de obra de infraestrutura construtiva de apoio e de bota fora poderão induzir à instalação de processos erosivos e de instabilização de solo, ou mesmo ao acirramento de focos já existentes, constituindo fonte de sedimentos significativa para os corpos hídricos, com impacto sobre a qualidade de suas águas.

**Descrição do Impacto sem Medidas Mitigadoras:** O referido impacto está em função da topografia local, do tipo de solo (geologia), da área requerida para o canteiro de obras e da área desmatada para o reservatório (1,74 ha).

**Descrição do Impacto com Medidas Mitigadoras:** O planejamento (dimensão do canteiro de obras, colocando-o na área do reservatório e a recuperação de áreas degradadas) do canteiro de obras e da área do reservatório, permite que a situação seja revertida por completo.

**Latitude:** -22.485427

**Longitude:** -45.340308

**Valor Campo Extra:** Teste de Campo Extra

- |  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sem Compensação           <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Planejamento (Peso - 0)               <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Magnitude - Nenhum</li> <li>▪ Reflexo - Nenhum</li> <li>▪ Reversibilidade - Nenhum</li> </ul> </li> <li>◦ Implantação (Peso - 2)               <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Abrangência - Local</li> <li>▪ Magnitude - Média</li> <li>▪ Reflexo - Positivo Indireto</li> <li>▪ Reversibilidade - Reversível</li> </ul> </li> <li>◦ Operação (Peso - 0)               <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Magnitude - Nenhum</li> <li>▪ Reflexo - Nenhum</li> <li>▪ Reversibilidade - Nenhum</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Com Compensação           <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Planejamento (Peso - 0)               <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Magnitude - Nenhum</li> <li>▪ Reflexo - Nenhum</li> <li>▪ Reversibilidade - Nenhum</li> </ul> </li> <li>◦ Implantação (Peso - 1)               <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Abrangência - Local</li> <li>▪ Magnitude - Baixa</li> <li>▪ Reflexo - Positivo Indireto</li> <li>▪ Reversibilidade - Reversível</li> </ul> </li> <li>◦ Operação (Peso - 0)               <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Magnitude - Nenhum</li> <li>▪ Reflexo - Nenhum</li> <li>▪ Reversibilidade - Nenhum</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul> |
|--|--|



Figura 41 – Detalhes do impacto.

Qualidade da Água

Temperatura do Líquido: 22.00 °C  
Altitude: 200.00 metros

Parâmetro	Nomenclatura	Unidade	Resultado Análise	Nota (qi)	Peso (w)	qi*w	qi*w máx. possível (100*w)	qi máx. possível(%)
Coli Termotolerantes	Coli	NMP/100mL	10.00	67.00	0.15	1.88	2	94.2
pH	pH	Unidades de pH	6.80	87.72	0.12	1.71	1.74	94.2
DBO5	DBO	mg/L	3.00	69.06	0.10	1.53	1.58	96.1
Nitrogênio total	NT	mg/L	0.30	97.58	0.10	1.58	1.58	99.8
Fósforo total	PT	mg/L	0.05	86.03	0.10	1.56	1.58	98.5
Variação de Temp.	Dif. T	°C	0.00	94.00	0.10	1.58	1.58	99.4
Turbidez	Turb	NTU	20.00	61.87	0.08	1.39	1.45	96.2
Sólidos totais	ST	mg/L	100.00	85.47	0.08	1.43	1.45	98.8
OD	OD	%sat	8.00	95.27	0.17	2.17	2.19	99.2

**IQA:** 82.22

Interpretação			
NSF (IGAM-MG)		CETESB	
Excelente	90 < IQA ≤ 100	80 ≤ IQA ≤ 100	Ótima
Bom	70 < IQA ≤ 90	52 ≤ IQA < 80	Boa
Médio	50 < IQA ≤ 70	37 ≤ IQA < 52	Aceitável
Ruim	25 < IQA ≤ 50	20 ≤ IQA < 37	Ruim
Muito Ruim	0 < IQA ≤ 25	0 ≤ IQA < 20	Péssima

Figura 42 – Qualidade da água do impacto.

### 5.3 Etapas para a inclusão de um novo modelo (*Workflow*)

As seguintes etapas devem ser realizadas para a inclusão de um novo estudo ambiental:

1. Cadastro das Fases e Meios: Fases e meios são relacionados diretamente com os impactos, todas as fases e meios que compõem os modelos devem ser incluídos nesta etapa e todas as fases e atributos podem ser compartilhados entre todos os modelos;
2. Cadastro do Modelo: Nesta etapa devem ser inseridos todos os campos relativos ao modelo; nome, descrição, área, coordenadas geográficas (latitude e longitude), endereço do vídeo no *youtube*, meios, fases, peso máximo da escala e arquivo KML com os limites geográficos do empreendimento. Qualquer campo/valor extra poderá ser incluído no modelo;
3. Cadastro dos Impactos: Todos os impactos que fazem parte do modelo são adicionados nesta etapa; os campos que podem ser adicionados ao modelo incluem título, descrição do impacto, descrição do impacto sem a aplicação de medidas mitigadoras, descrição do impacto após a aplicação de medidas mitigadoras, coordenadas geográficas (latitude e longitude), endereço do vídeo no *youtube*, imagem do impacto, indicativo se o impacto é local ou de vizinhança, meio que o impacto está inserido, arquivo KML com os limites geográficos do impacto e dados sobre qualidade de água para posterior cálculo; qualquer campo/valor extra poderá ser incluído no impacto.
4. Cadastro dos Atributos: Os atributos são necessários para a criação da escala de pesos, todo atributo criado pode ser compartilhado entre todos os modelos;

5. Elaboração da Escala de Pesos: A partir do peso máximo, incluído na fase de cadastro do modelo, é possível elaborar a escala de pesos realizando combinação entre os atributos;
6. Valoração da Matriz de Impacto Ambiental: Para valorar a matriz é necessário selecionar um impacto, a fase em que este impacto se encontra, em seguida, assinalar se o peso será aplicado sem levar em consideração medidas mitigadoras, ou se será aplicado levando em considerações as medidas mitigadoras. Também, deve-se selecionar o peso e a justificativa para a aplicação de tal peso;
7. Resultados e Relatório: Após a valoração de matriz é possível visualizar a tela com os resultados da análise, navegar entre os resultados e mapas, bem como, exportar o relatório completo em formato pdf. Caso seja necessário realizar uma nova simulação o usuário deverá alterar os pesos desejados na matriz de impacto ambiental e gerar um novo relatório.

A Figura 43 representa o diagrama de atividades para a inclusão de um novo estudo ambiental.

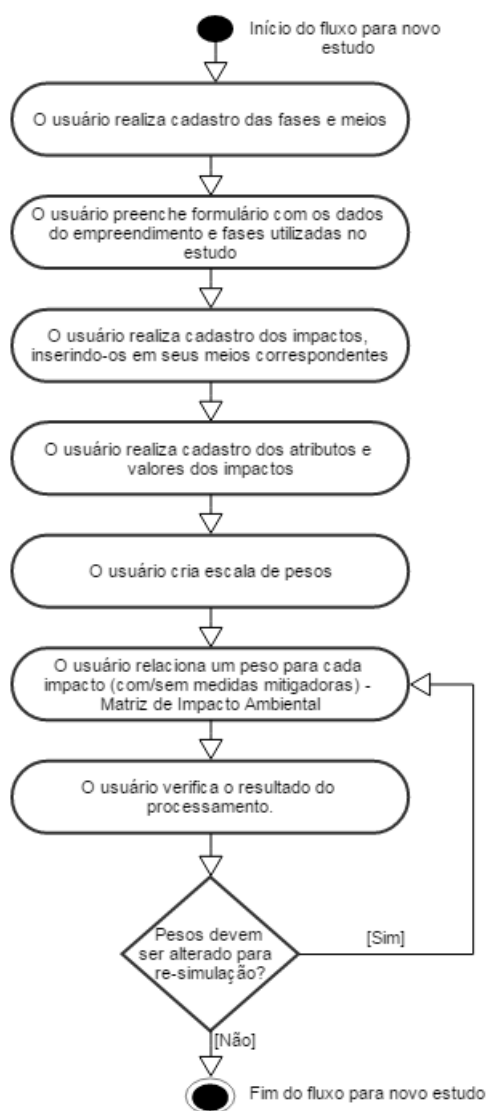


Figura 43 – Diagrama de Atividades - Etapas para a inclusão de um novo modelo.

## 5.4 Inclusão do Estudo de Impacto Ambiental: PCH Ninho da Água

Após desenvolvimento do banco de dados e aplicação, foi realizada, para efeitos de teste, a inserção da matriz de impacto ambiental PCH Ninho da Água.

Para a carga do modelo PCH Ninho da Água foi utilizado o estudo realizado por Barbosa (2004), onde os pesos já estavam corretamente atribuídos aos impactos.

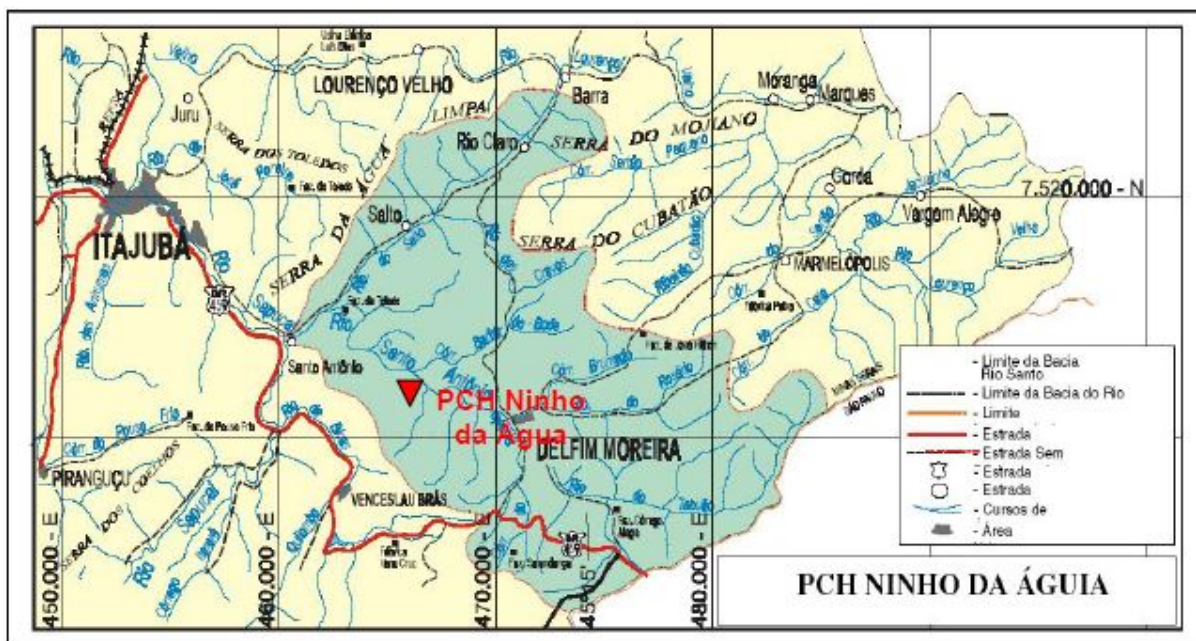


Figura 44 – Bacia Hidrográfica do Rio Santo Antônio

Fonte: Ninho da Água (2001)

As seguintes etapas foram realizadas:

1. Fases do Projeto: As fases que compreendem o projeto são: Planejamento, Implantação e Operação;
2. Meios do Projeto: Os meios que compreendem o projeto são Físico, Biológico e Antrópico;
3. Impactos do Projeto: Todos os impactos foram registrados com suas respectivas descrições e meio no qual se enquadram;
4. Atributos e valores dos impactos: Os seguintes atributos e valores foram utilizados para a valoração da matriz de impacto ambiental:
  - a) Abrangência: nenhuma, local e regional
  - b) Reflexo: nenhum, positivo direto, positivo indireto, negativo direto e negativo indireto
  - c) Magnitude: nenhuma, baixa e média
  - d) Reversibilidade: reversível e irreversível



5. Escala de pesos: A escala de pesos proposta varia de 0 à 12, os atributos e seus valores constam na Tabela 5.

Tabela 17 – Escala de pesos.

0	O impacto descrito não ocorre em alguma das fases.
1	local/direto- indireto/reversível/magnitude baixa
2	local/direto-indireto/reversível/magnitude média
3	local/direto-indireto/reversível/magnitude alta
4	regional/direto-indireto/reversível/magnitude baixa
5	regional/direto-indireto/reversível/magnitude média
6	regional/direto-indireto/reversível/magnitude alta
7	local/direto-indireto/irreversível/magnitude baixa
8	local/direto-indireto/irreversível/magnitude média
9	local/direto-indireto/irreversível/magnitude alta
10	regional/direto-indireto/irreversível/magnitude baixa
11	regional/direto-indireto/irreversível/magnitude média
12	regional/direto-indireto/irreversível/magnitude alta

Fonte: Barbosa (2004).

6. Valoração da Matriz de Impactos Ambientais: A matriz foi carregada com os valores propostos no estudo;
7. Resultados: As figuras 45 e 46 mostram respectivamente, os gráficos referentes às fases que compõem o modelo PCH Ninho da Águia e os meios onde os impactos ambientais estão inseridos.

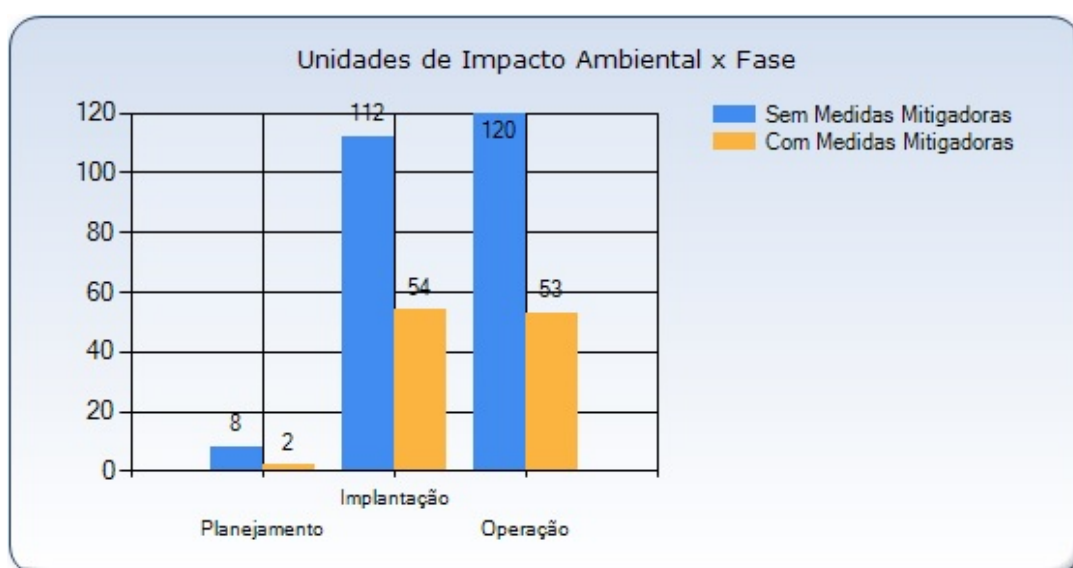


Figura 45 – Gráfico referente as fases do modelo PCH Ninho da Águia.



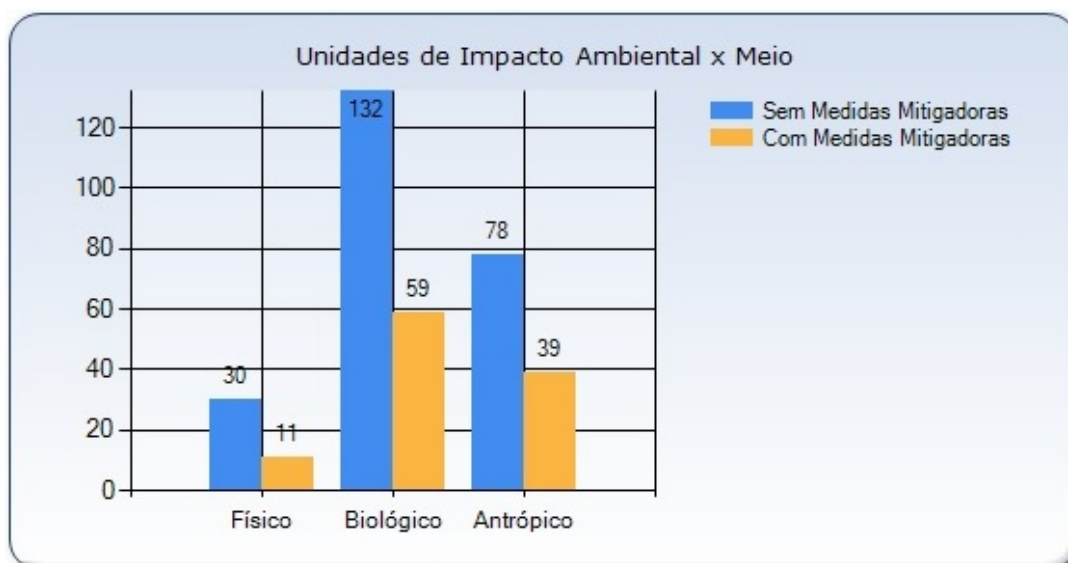


Figura 46 – Gráfico referente aos meios dos impactos do modelo PCH Ninho da Água.

As reduções em unidades de impacto ambiental (UIA) podem ser observadas após a aplicação de medidas mitigadoras. As figuras 47 e 48 mostram a redução em unidades de impacto ambiental após aplicação de medidas mitigadoras para cada fase e meio no qual o impacto se encontra.

O relatório detalhado, gerado pela aplicação, está incluído nos apêndices desta dissertação.

### Relatório Analítico - Reduções UIA

Impacto	Meio	Planejamento	Implantação	Operação
Instalação/acirramento de processos erosivos e de movimentos de massa associados às obras de construção da PCH e as operações de desmate na área do reservatório.	Físico	0	1	0
Supressão de solos com aptidão para pastagens e pequenas lavouras.	Físico	0	2	0
Sólidos em suspensão no ar.	Físico	0	2	0
Acirramento e/ou instalação de movimentos de massa nas áreas marginais ao reservatório com conseqüente alteração na qualidade das águas do ambiente lótico e conseqüente comprometimento do uso das áreas do entorno do reservatório.	Físico	0	0	5
Instabilização de margens e risco de comprometimento de áreas marginais.	Físico	0	0	9
Perda de vegetação	Biológico	1	0	0
Dispersão da fauna de vertebrados alados e terrestres.	Biológico	0	0	0
Alteração da qualidade das águas frente ao descarte de efluentes, à disposição inadequada e resíduos e de insumos nas áreas do canteiro de obras, oficinas, alojamentos, refeitório e área de lazer.	Biológico	0	5	0
Perda de vegetação	Biológico	0	1	0
Supressão de habitats para a fauna.	Biológico	0	1	0
Pressão sobre a fauna.	Biológico	0	8	0

Figura 47 – Redução de unidades de impacto ambiental para cada impacto.

<b>Impacto</b>	<b>Meio</b>	<b>Planejamento</b>	<b>Implantação</b>	<b>Operação</b>
Elevação nos teores de materiais orgânicos e de nutrientes, redução de oxigênio dissolvido no reservatório.	Biológico	0	1	3
Alteração da qualidade das águas do reservatório face ao aporte de sedimentos, de agroquímicos, de dejetos de animais e de poluentes do lixo.	Biológico	0	0	2
Alteração do comportamento de oxigênio dissolvido.	Biológico	0	0	8
Modificação na estrutura e funcionamento da microbiota aquática.	Biológico	0	0	8
Alteração quali-quantitativa da ictiofauna.	Biológico	0	0	0
Eliminação de habitats para a ictiofauna e para a anfíbiofauna.	Biológico	0	0	8
Alteração na composição e população de epifitas.	Biológico	0	3	8
Dispersão de elementos da fauna.	Biológico	0	0	9
Modificação na estrutura de funcionamento da biota aquática.	Biológico	0	0	0
Redução na capacidade de auto-depuração no trecho de vazão reduzida.	Biológico	0	0	6
Eliminação de habitats para a ictiofauna.	Biológico	0	0	1
Redução da capacidade de autodepuração do rio Santo Antônio no trecho a jusante da casa de força.	Biológico	0	0	0
Insegurança e ansiedade da população local	Antrópico	5	0	0
Atração da população e tendência à desorganização social.	Antrópico	0	5	0
Instabilidade do mercado imobiliário com aumento dos preços dos aluguéis.	Antrópico	0	1	0
Perda e/ou restrição de uso de áreas utilizadas economicamente com correspondente queda da produção agropecuária.	Antrópico	0	8	0
Perda de moradias, benfeitorias e equipamentos, com possibilidade de migração dos produtores afetados; prejuízos e/ou transtornos causados pela instalação das demais estruturas operacionais.	Antrópico	0	2	0
Risco de comprometimento dos vínculos sociais e das relações de vizinhança.	Antrópico	0	1	0
Possibilidade de aumento de incidências de doenças infecciosas e parasitas.	Antrópico	0	2	0
Disseminação de doenças transmissíveis.	Antrópico	0	1	0
Violência	Antrópico	0	2	0
Probabilidade de ocorrência de acidentes	Antrópico	0	0	0
Pressão sobre os serviços de saúde.	Antrópico	0	4	0
Perda de vestígios arqueológicos pré-históricos e de um sítio arqueológico histórico.	Antrópico	0	4	0
Risco de comprometimento do patrimônio edificado.	Antrópico	0	4	0
Alteração das características cênicas do rio Santo Antônio (cachoeiras, corredeiras).	Antrópico	0	0	0

Figura 48 – Redução de unidades de impacto ambiental para cada impacto.

A análise dos resultados mostra uma redução (nas unidades de impacto ambiental) de 45,4% após a adoção de medidas mitigadoras sugeridas por Barbosa (2004) e pelo EIA desenvolvido por empresa competente.

Sem a aplicação de medidas mitigadoras a representatividade de cada impacto para os meios físico, biológico e antrópico atingem 12,5%; 55% e 37,8%, respectivamente.

A redução percentual do número de unidades de impacto ambiental após a aplicação de medidas mitigadoras para os meios físico, biológico e antrópico foram de 4,6% e 24,6% e 16,3%, respectivamente.

Desta maneira, para o meio físico, os impactos foram reduzidos em 2,7 vezes, no meio biológico a redução foi de 1,7 vez e, no meio antrópico 2 vezes.

É importante destacar que a representatividade quantitativa e qualitativa dos impactos será proporcional ao número de impactos identificados em cada meio e poderá haver variação de acordo com as características de cada tipo de empreendimento.

Com a adoção de medidas mitigadoras, os impactos poderão ser substancialmente reduzidos em todas as fases de um empreendimento.

## 6 CONCLUSÕES

O principal objetivo dos estudos ambientais é auxiliar com a análise da viabilidade ambiental dos empreendimentos para alcançar o desenvolvimento sustentável. A automação de processos e o gerenciamento através de programas de computador é uma força poderosa, a adoção generalizada de *software* de gestão é um cenário previsível para o futuro. Desta forma, é essencial que a ferramenta criada tenha uma aplicação efetiva na fase de planejamento do empreendimento, servindo como apoio para a elaboração de ações voltadas para a mitigação de impactos ambientais decorrentes de sua implantação.

Os Estudos ambientais (EIA, EIV, AAE e IQA) produzidos a partir do *software* permitem a análise através de mapas, imagens, vídeos e relatórios interativos, facilitando a discussão entre a equipe técnica e a criação de diferentes cenários, bastando alterar variáveis e pesos relativos ao modelo.

A matriz proposta por Barbosa e Dupas (2006) tem grande relevância, pois permite avaliar a eficiência das medidas mitigadoras e efetuar uma comparação em unidades de impacto ambiental, permitindo agilidade na obtenção de licenças ambientais e auxiliando no cálculo de custo em projetos potencialmente danosos ao meio ambiente.

Para uma análise efetiva do modelo, é necessário o preenchimento do maior número de informações, incluindo a demarcação das áreas limítrofes para o modelo e impactos, bem como, o *upload* de imagens, vídeos e coordenadas geográficas.

É importante frisar que a coleta e interpretação das informações requer habilidades humanas para as quais é impossível substituir apenas por meio de *software*. Por exemplo, é pouco provável que o *software* resolva questões como: identificar e equilibrar os diferentes valores atribuídos pelas diferentes partes interessadas a impactos específicos; se as medidas de mitigação propostas são susceptíveis de serem técnica e institucionalmente viáveis; a existência da subjetividade envolvida no processo. Neste sentido, é interessante a realização de uma análise integrada por equipe multidisciplinar devidamente treinada, justificando, discutindo e conferindo cada item do estudo.

A inclusão do estudo de impacto ambiental da PCH Ninho da Águia pela ferramenta permitiu validar o modelo desenvolvido, também foram realizados testes com a UTE Três Lagoas onde o *software* mostrou-se eficiente na importação e análise dos estudos.

### 6.1 Recomendações para Trabalhos Futuros

Para finalização dos trabalhos da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Feijão, recomenda-se a criação de um módulo específico, para apoio ao programa de pagamento por serviços ambientais (PSA).

O módulo sugerido permite a sobreposição de camadas referentes a cada propriedade participante do programa. Após a inclusão das camadas, juntamente com seus dados (registro, área, cobertura do solo, etc.) o sistema realizará o cálculo do valor a ser creditado, bem como possibilitará a interação com o mapa.

A migração da ferramenta desenvolvida para tecnologia móvel (*smartphones*) é algo viável, sendo possível a utilização de toda a arquitetura elaborada.

## REFERÊNCIAS

- ABEMA. *Novas propostas para o licenciamento ambiental no Brasil*. 2013. Associação Brasileira de Entidades Estaduais de Meio Ambiente. Disponível em: <[http://www.abema.org.br/site/arquivos\\_anexo/Livro\\_Relatorio\\_Final\\_2.pdf](http://www.abema.org.br/site/arquivos_anexo/Livro_Relatorio_Final_2.pdf)> Citado na página 21.
- ALMEIDA, J. R. d. et al. *Analisis y Evaluaciones de Impactos Ambientales*. [S.l.], 2008. Citado 2 vezes nas páginas 29 e 32.
- ARAÚJO, S. M. V. G. d. Licenciamento ambiental e legislação. In: DEPUTADOS, C. dos (Ed.). *Consultoria Legislativa*. [s.n.], 2002. Disponível em: <[http://bd.camara.gov.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/1029/licenciamento\\_ambiental\\_vaz.pdf?sequence=4](http://bd.camara.gov.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/1029/licenciamento_ambiental_vaz.pdf?sequence=4)>. Citado na página 19.
- ASCOUGH, J. et al. Future research challenges for incorporation of uncertainty in environmental and ecological decision-making. *Ecological Modelling*, p. 383–399, 2008. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304380008003554>>. Citado na página 38.
- BARBOSA, T. A. S. *Análise do estudo de impacto ambiental da PCH Ninho da Águia. Proposta de otimização do processo de licenciamento ambiental utilizando uma matriz simplificada*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI, 2004. Citado 10 vezes nas páginas 6, 30, 31, 52, 53, 56, 63, 78, 79 e 82.
- BARBOSA, T. A. S.; DUPAS, F. A. Matriz simplificada para avaliar impactos ambientais em pequenas centrais hidrelétricas (pch). *Revista Brasileira de Energia*, v. 12, n. 2, p. 125–139, 2006. Citado 5 vezes nas páginas 6, 15, 31, 52 e 83.
- BASTOS, A. C. S.; ALMEIDA, J. R. d. Licenciamento ambiental brasileiro no contexto da avaliação de impactos ambientais. In: BRASIL, E. B. (Ed.). *Avaliação e Perícia Ambiental*. [S.l.: s.n.], 2000. p. 88–97. Citado 3 vezes nas páginas 27, 28 e 29.
- BAXTER, R. Environmental effects of dams and impoundments. *Annual Review of Ecology and Systematics*, p. 255–283, 1977. Citado na página 18.
- BRASIL. *Lei Federal n 6.803 de 02 de julho de 1980*. 1980. Dispõe sobre as diretrizes básicas para o zoneamento industrial nas áreas críticas de poluição, e dá outras providências. Brasília. Citado na página 19.
- BRASIL. *Lei Federal n 6.938 de 31 de de Agosto de 1981*. 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm)>. Citado na página 19.
- BRASIL. *Lei Federal n 10.257 de 10 de Julho de 2001*. 2001. Citado na página 23.
- BRASIL, C. N. de M. A. *Resolução CONAMA n 001, de 23 de janeiro de 1986*. 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental - RIMA. Brasília. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Citado 2 vezes nas páginas 17 e 26.
- BROWN. 1970. Citado na página 34.

- BUESSELER, K.; AOYAMA, M.; FUKASAWA, M. Impacts of the fukushima nuclear power plants on marine radioactivity. *Environmental science & technology*, v. 45, n. 23, p. 9931–9935, 2011. Citado na página 18.
- CAMPO, A. G. Gis in environmental assesment: A review of current issues and future needs. *Journal of Environmental Assessment Policy and Management*, 2012. Citado na página 42.
- CANTER, L.; BARRY, S. A tool kit for effective eia practice - review of methods and perspectives on their application. In: *International Study of the Effectiveness of Environmental Assessment*. [S.l.: s.n.], 1997. Citado 2 vezes nas páginas 31 e 32.
- CARLSON, C. L.; ADRIANO, D. C. Environmental impacts of coal combustion residues. *Journal of Environmental quality*, v. 22, n. 2, p. 227–247, 1993. Citado na página 18.
- CETESB. *Guia de coleta e preservação de amostras de água*. [S.l.], 2001. Citado na página 38.
- CETESB. *Índice de Qualidade da Água (IQA)*. 2011. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/108-indices-de-qualidade-das-aguas>>. Citado 4 vezes nas páginas 6, 34, 35 e 36.
- CLARCK, B. O processo de aia: Conceitos básicos. In: CAPARICA, P. C. d. E. e. P. e. G. d. M. A. (Ed.). *Avaliação do Impacto Ambiental: conceitos, procedimentos e aplicações*. [S.l.]: Maria do Rosário, 1994. Citado na página 26.
- CODD, E. F. A relational model of data for large shared data banks. *Commun. ACM*, ACM, New York, NY, USA, v. 13, n. 6, p. 377–387, jun. 1970. ISSN 0001-0782. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/362384.362685>>. Citado na página 50.
- COELHO, M. C. N. Impactos ambientais em Áreas urbanas - teorias, conceitos e métodos de pesquisa. In: BRASIL, B. (Ed.). *Impactos ambientais urbanos no Brasil*. [S.l.: s.n.], 2001. Citado na página 17.
- CRANCE, J. H. *Guidelines for Using the Delphi Technique to Develop Habitat Suitability Index Curves*. [S.l.]: National Ecology Center: Division of Wildlife and Contaminant Research, 1987. Citado na página 32.
- DATE, C. J. *Introdução a Sistemas de Banco de Dados*. [S.l.]: Elsevier, 2003. Citado na página 50.
- DEININGER; MACIUNAS. 1971. Citado na página 34.
- DEITEL, H. M.; DEITEL, P. J. *Java: Como Programar*. [S.l.]: Bookman, 2002. Citado na página 49.
- DOJLIDO; BEST. 1993. Citado na página 34.
- DREWITT, A. L.; LANGSTON, R. H. Assessing the impacts of wind farms on birds. *Ibis*, v. 148, n. 1, p. 29–42, 2006. Citado na página 18.
- ELMASRI, R.; NAVATHE, S. *Sistemas de Banco de Dados*. [S.l.]: Addison Wesley, 2011. Citado na página 50.

- EPA. *Guidance on the development, evaluation, and application of environmental models*. [S.l.]: U.S. Environmental Protection Agency, Council of Regulatory Environmental Modeling, Office of the Science Advisor Washington, DC, 2009. <https://www.epa.gov/modeling>. Citado 2 vezes nas páginas 39 e 40.
- FACURI, M. F. *A implantação de usinas hidrelétricas e o processo de licenciamento ambiental: A importância da articulação entre os setores elétrico e de meio ambiente no Brasil*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Itajubá, 2004. Citado na página 21.
- FEARNSIDE, P. M. Environmental impacts of brazil's tucuruí dam: Unlearned lessons for hydroelectric development in amazonia. *Environmental Management*, v. 27, n. 3, p. 377–396, 2001. Citado na página 18.
- GOODMAN, D. *JavaScript Bible*. [S.l.]: Hungry Minds, 2001. Citado na página 47.
- HOFFMAN, R. M. Gargalos do licenciamento ambiental federal no brasil. In: *Consultoria Legislativa, Área XI - Meio Ambiente e Temas Afins*. [s.n.], 2015. Disponível em: <<http://bd.camara.gov.br/bd/handle/bdcamara/24039>>. Citado 2 vezes nas páginas 20 e 21.
- IBAMA. *Avaliação de Impacto Ambiental: agentes sociais, procedimentos e ferramentas* [S.l.]: IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis), 1995. Citado na página 20.
- LEE, N.; WALSH, F. Strategic environmental assessment: an overview. *Project Appraisal*, v. 7, n. 3, p. 126–136, 1992. Citado na página 33.
- LEOPOLD, L. B. et al. *A procedure for evaluating environmental impact*. [S.l.], 1971. Citado na página 30.
- LERMONTOV, A. et al. River quality analysis using fuzzy water quality index: Ribeira do iguape river watershed, brazil. *Ecological Indicators*, v. 9, n. 6, p. 1188–1197, 2009. Citado na página 34.
- LIBÂNIO, M. *Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água*. [S.l.]: Editora Átomo, 2008. Citado 2 vezes nas páginas 34 e 35.
- LIMA, J. B. A.; COSTA, G. R. L.; SOARES, L. P. C. Avaliação do índice de qualidade da água (iqa) nos reservatórios com capacidade de acumulação de água acima de 5 milhões de metros cúbicos, monitorados pelo igarn na bacia hidrográfica apodí-mossoró/rn nos anos de 2005 e 2006. *Sociedade de Ecologia do Brasil*, 2007. Citado na página 34.
- LUMB, A.; SHARMA, T. C.; BIBEAULT, J. A review of genesis and evolution of water quality index (wqi) and some future directions. *Water Quality, Exposure and Health*, v. 3, n. 1, p. 11–24, 2011. Citado na página 34.
- MAIA. *Manual de Avaliação de Impactos Ambientais: MAIA*. [S.l.], 1992. Citado 2 vezes nas páginas 27 e 31.
- MANNO, J. et al. The use of models in great lakes decision making: An interdisciplinary synthesis. *Randolph G. Pack Environmental Institute*, 2008. Citado na página 39.
- MCCORMICK, N. J. *Reliability and risk analysis: methods and nuclear power applications*. [S.l.]: Academic Press San Diego, CA, 1981. Citado na página 18.



MILARÉ, E. *Direito do Ambiente: doutrina, prática, jurisprudência, glossário*. [S.l.: s.n.], 2000. Citado na página 24.

MISHRA, U. Environmental impact of coal industry and thermal power plants in india. *Journal of environmental radioactivity*, v. 72, n. 1, p. 35–40, 2004. Citado na página 18.

MMA. *Manual de Avaliação Ambiental Estratégica*. [S.l.], 2002. Brasília, Ministério do Meio Ambiente. Citado na página 33.

MÖLLER, B. Changing wind-power landscapes: regional assessment of visual impact on land use and population in northern jutland, denmark. *Applied energy*, v. 83, n. 5, 2006. Citado na página 18.

MOREIRA, A. C. M. L. *Mega projetos e ambiente urbano: uma metodologia para elaboração do Relatório de Impacto de Vizinhança*. Tese (Doutorado) — Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - USP, 1997. Citado na página 22.

MOREIRA, I. V. D. Origem e síntese dos principais métodos de avaliação de impacto ambiental (aia). *Manual de Avaliação de Impactos Ambientais-MAIA*. Curitiba: SUREHMA/GTZ, 1992. Citado 5 vezes nas páginas 17, 18, 24, 26 e 27.

MUKAI, T. *O Estatuto da Cidade: anotações à Lei n.10.257, de 10 de junho de 2001*. [S.l.: s.n.], 2001. Citado na página 23.

NRC, N. R. C. *Models in Environmental Regulatory Decision Making*. [S.l.]: National Academies Press, 2007. Citado na página 41.

OTT. 1978. Citado na página 34.

PARTIDÁRIO, M. R. *Guia de boas práticas para Avaliação Ambiental Estratégica - orientações metodológicas*. [S.l.], 2007. Citado 2 vezes nas páginas 33 e 34.

PASTAKIA, C. M. R.; JENSEN, A. The rapid impact assesment matrix (riam) for eia. *Environmental Impact Assessment Review*, 1998. Citado na página 29.

PEDREIRA, A. C. Licenciamento ambiental para implantação de pequenas centrais hidrelétricas: análise e propostas de otimização para minas gerais. *Proceedings of the 5th Encontro de Energia no Meio Rural*, 2004. Citado na página 22.

PRESSMAN, R. S. *Engenharia de Software*. [S.l.]: McGraw-Hill, 2002. Citado 5 vezes nas páginas 42, 43, 44, 45 e 50.

QUEIROZ, S. M. P. Avaliação de impactos ambientais: conceitos, definições e objetivos. In: *Manual de Avaliação de Impactos Ambientais - MAIA*. [S.l.: s.n.], 1999. Citado na página 18.

RECH, A. U.; RECH, A. *Direito urbanístico: fundamentos para construção de um Plano Diretor sustentável na área urbana e rural*. [S.l.: s.n.], 2010. Citado na página 23.

ROCCO, R. *Estudo de Impacto de Vizinhança: Instrumento de Garantia do Direito às Cidades Sustentáveis*. [S.l.]: LUMEN JURIS, 2006. Citado na página 22.

ROHDE, G. M.; MOREIRA, I. V. D. Origens e experiências de avaliação de impactos ambientais em países selecionados. In: *Manual de Avaliação de Impactos Ambientais - MAIA*. [S.l.: s.n.], 1999. Citado na página 25.

- ROVERE, E. L. L. Metodologia de avaliação de impacto ambiental. In: *Instrumentos de planejamento e gestão ambiental para a Amazônia, cerrado e pantanal : demandas e propostas*. [S.l.: s.n.], 2001. Citado na página 27.
- SADLER, B.; VERHEEM, R. *Strategic environmental assessment: Status, challenges and future directions*. [S.l.]: Ministry of Housing, Spatial Planing and the Environment, 1996. Citado na página 33.
- SAIDUR, R. et al. Environmental impact of wind energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 15, n. 5, p. 2423–2430, 2011. Citado na página 18.
- SÁNCHEZ, L. E. *Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos*. 2. ed. [S.l.: s.n.], 2013. Citado 3 vezes nas páginas 13, 18 e 25.
- SAYLOR, F. *Advantages and Disadvantages of Object-Oriented Programming (OOP)*. 2013. Disponível em: <<http://www.saylor.org/site/wp-content/uploads/2013/02/CS101-2.1.2-AdvantagesDisadvantagesOfOOP-FINAL.pdf>>. Citado na página 45.
- SEARS, R.; INGEN, C. V.; GRAY, J. *To BLOB or Not To BLOB: Large Object Storage in a Database or a Filesystem?* [S.l.], 2006. Citado na página 58.
- SEGUIN, E. *Estatuto da cidade: promessa de inclusão social, justiça social*. [S.l.: s.n.], 2002. Citado na página 24.
- SINGER, E. M. Metodologia para avaliação dos impactos ambientais da mineração. In: *Anais do Encontro sobre Mineração e Meio Ambiente no Estado de São Paulo*. [S.l.: s.n.], 1985. p. 10–20. Citado na página 30.
- SLADECEK. 1973. Citado na página 34.
- SOARES, L. M. *Estatuto da Cidade: comentários à Lei Federal 10.257/2001*. [S.l.: s.n.], 2002. Citado na página 23.
- SPERLING, M. V. *Estudos e modelagem da qualidade da água de rios*. [S.l.]: DESA/UFMG, 2007. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias). Citado 2 vezes nas páginas 8 e 37.
- THERIVEL, R.; PARIDARIO, M. R. *The practice of strategic environmental assessment*. [S.l.]: Routledge, 2013. Citado na página 33.
- THERIVEL, R. et al. *Strategic environmental assessment*. Earthscan London, 1992. Citado na página 33.
- TOMMASI, L. *Estudo de impacto ambiental*. [S.l.]: CETESB, 1994. Citado na página 30.
- VIEIRA, B. V. Estudo de impacto de vizinhança. *Revista Direito Ambiental e sociedade*, 2012. Citado na página 23.
- WARNER, M. et al. Environmental impact assessment software in developing countries: a health warning. *Project Appraisal*, v. 12, n. 2, p. 127–130, 1997. Citado na página 41.
- WATHERN, P.; GESELLSCHAFT, I. I. für Umwelt und. *Environmental Impact Assessment: Theory and Practice*. [S.l.]: Unwin Hyman, 1988. Citado na página 17.

# Apêndices

# APÊNDICE A – RELATÓRIO GERADO PELA FERRAMENTA



NEPA - Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática  
Universidade Federal de Itajubá

## Otimização do Estudo de Impacto Ambiental

Software piloto, em fase de testes, desenvolvido pelo Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática (NEPA), como parte do programa de Mestrado em Engenharia de Energia, pela Universidade Federal de Itajubá. Sugestões para melhorias e críticas são bem-vindas.

Baseada na matriz proposta por Leopold(1971), utilizada e difundida mundialmente, a ferramenta possibilita a criação de um tipo específico de matriz para quantificar impactos ambientais identificados em qualquer fase de um empreendimento potencialmente danoso ao meio ambiente (PCHs, UTEs, UHEs, CGHs, etc.)

O software engloba a previsão/análise da quantidade de unidades de impactos(UIA) antes e após a adoção de medidas mitigadoras, a Avaliação Ambiental Estratégica (AAE) além da análise de impactos de vizinhança.

O software foi elaborado com a finalidade de agilizar a avaliação de impactos ambientais e tentar reduzir a subjetividade existente nos processos.

A ferramenta aceita a personalização das fases do empreendimento, bem como, os meios em que os impactos se enquadram.

Obs.: Os investimentos em medidas mitigadoras deverão estar fundamentados em estudo técnico-econômico de maneira a ter certeza que os investimentos realizados nas mesmas tenham retorno esperado. O software foi elaborado com base no estudo realizado por Barbosa/Dupas 2004 (Análise do estudo de impacto ambiental da PCH Ninho da Águia. Proposta de otimização do processo de licenciamento ambiental utilizando uma matriz simplificada).

Autor: Leonardo Kenworthy Brandão  
Orientador: Francisco Antônio Dupas

29/03/2016 14:03:03

### 1. DADOS DO EMPREENDIMENTO

**Nome do Empreendimento:** PCH - Ninho da Águia

**Área Total (ha):** 12.00

**Coordenadas Geográficas:** Latitude: -22.486488 / Longitude: -45.343214

**Município/UF:** Delfim Moreira/MG

### 2. DADOS DE REFERÊNCIA

**Nº de Impactos Ambientais:** 37

**Fases:**

- Planejamento (3 Impactos)
- Implantação (21 Impactos)
- Operação (14 Impactos)

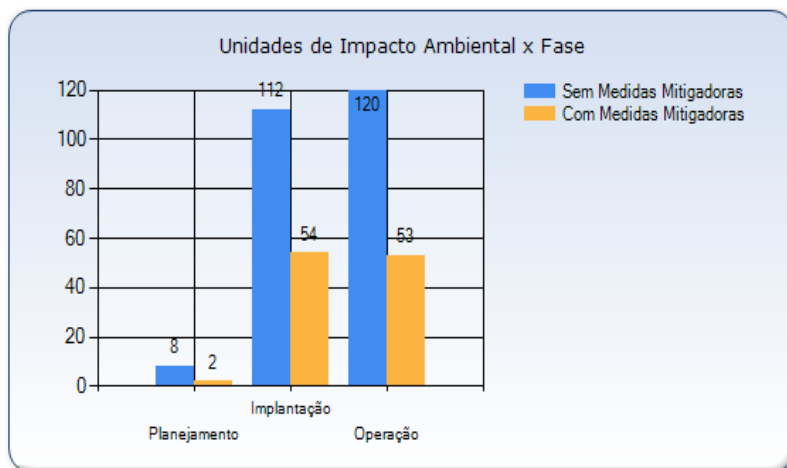
**Meios:**

- Físico (5 Impactos)
- Biológico (18 Impactos)
- Antrópico (14 Impactos)

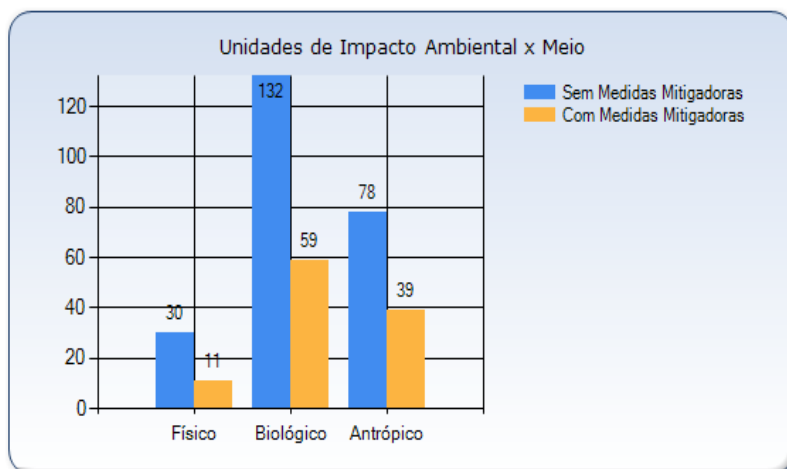


NEPA - Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática  
Universidade Federal de Itajubá

### 3. INDICADORES RELATIVOS À FASE



### 4. INDICADORES RELATIVO AO MEIO





NEPA - Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática  
Universidade Federal de Itajubá

## 5. IMPACTOS

**Impacto 1)** Instalação/acirramento de processos erosivos e de movimentos de massa associados às obras de construção da PCH e as operações de desmate na área do reservatório.

**Impacto de Vizinhança:** Não



**Descrição:** Corte, aterros e exposição de solos (estas também na área do reservatório associada ao desmate) nas áreas de obra de infraestrutura construtiva de apoio e de bota fora poderão induzir à instalação de processos erosivos e de instabilização de solo, ou mesmo ao acirramento de focos já existentes, constituindo fonte de sedimentos significativa para os corpos hídricos, com impacto sobre a qualidade de suas águas.

**Descrição sem a aplicação de medidas mitigadoras:** O referido impacto está em função da topografia local, do tipo de solo (geologia), da área requerida para o canteiro de obras e da área desmatada para o reservatório (1,74 ha).

**Descrição com a aplicação de medidas mitigadoras:** O planejamento (dimensão do canteiro de obras, colocando-o na área do reservatório e a recuperação de áreas degradadas) do canteiro de obras e da área do reservatório, permite que a situação seja revertida por completo.

**Latitude:** -22.485427

**Longitude:** -45.340308

**Temperatura do Líquido:** 22.00 °C

**Altitude:** 200.00 metros

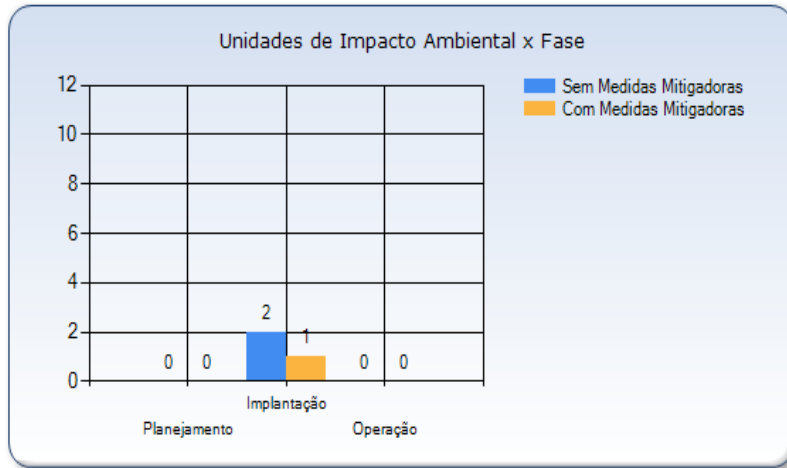
Parâmetro	Nomenclatura	Unidade	Resultado Análise	Nota (qi)	Peso (w)	qi*w	qi^w máx. possível I (100^w)	qi máx. possível I (%)
Coli Termotolerantes	Coli	NMP/100mL	10.00	67.00	0.15	1.88	2	94.2
pH	pH	Unidades de pH	6.80	87.72	0.12	1.71	1.74	94.2
DBO5	DBO	mg/L	3.00	69.06	0.10	1.53	1.58	96.1
Nitrogênio total	NT	mg/L	0.30	97.58	0.10	1.58	1.58	99.8
Fósforo total	PT	mg/L	0.05	86.03	0.10	1.56	1.58	98.5
Variação de Temp.	Dif. T	°C	0.00	94.00	0.10	1.58	1.58	99.4
Turbidez	Turb	NTU	20.00	61.87	0.08	1.39	1.45	96.2
Sólidos totais	ST	mg/L	100.00	85.47	0.08	1.43	1.45	98.8
OD	OD	%sat	8.00	95.27	0.17	2.17	2.19	99.2



NEPA - Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática  
Universidade Federal de Itajubá

**IQA:** 82.22

**Teste de Campo Extra:** Valor Campo Extra



**Impacto 2)** Supressão de solos com aptidão para pastagens e pequenas lavouras.

**Impacto de Vizinhança:** Não

**Descrição:** Impacto decorrente da implantação de infra-estrutura de apoio e operacional e da formação do reservatório.

**Descrição sem a aplicação de medidas mitigadoras:** Na área a ser afetada pelo reservatório, haverá a perda de apenas 1,74 ha, o que não inviabilizará as duas propriedades ali localizadas. O que justifica a magnitude alta do referido impacto sem a adoção de medidas mitigadoras é o fato de que as características sócioeconômicas dos produtores da área configurar uma situação típica de agricultura familiar, na qual, a gestão da unidade produtiva, bem como os investimentos nela realizados, serem feitos por indivíduos que guardam entre si, laços de parentesco.

**Descrição com a aplicação de medidas mitigadoras:** A área requerida para a infra-estrutura de apoio e operacional será recuperada, mas a área do reservatório não tem como recuperar, portanto nessa área o impacto é irreversível.

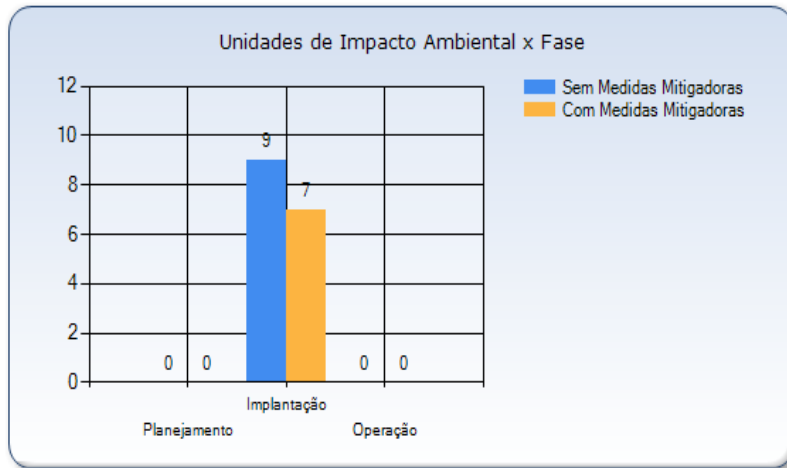
**Latitude:** -22.483930

**Longitude:** -45.340630





NEPA - Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática  
Universidade Federal de Itajubá



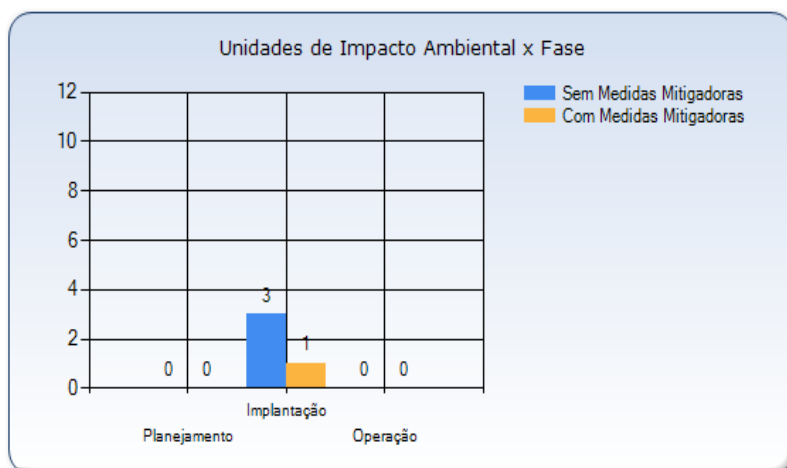
**Impacto 3) Sólidos em suspensão no ar.**

**Impacto de Vizinhança:** Não

**Descrição:** Poeira em suspensão resultante dos trabalhos e implantação dos canteiros, realização das obras e movimento de máquinas, trânsito de veículos, mobilização do entulho, daí podendo resultar infecções respiratórias em trabalhadores e na população local.

**Descrição sem a aplicação de medidas mitigadoras:** O trânsito de máquinas e veículos acarreta a suspensão de material particulado que podem provocar doenças respiratórias.

**Descrição com a aplicação de medidas mitigadoras:** A adoção de técnicas como, por exemplo, irrigações durante a obra e uso de equipamentos de proteção individual, irão minimizar substancialmente o impacto. O uso de equipamentos de segurança não foi sugerido no EIA em estudo.



**Impacto 4) Acirramento e/ou instalação de movimentos de massa nas áreas marginais ao reservatório com conseqüente alteração na qualidade das águas do ambiente lótico e conseqüente comprometimento do uso das áreas do entorno do reservatório.**



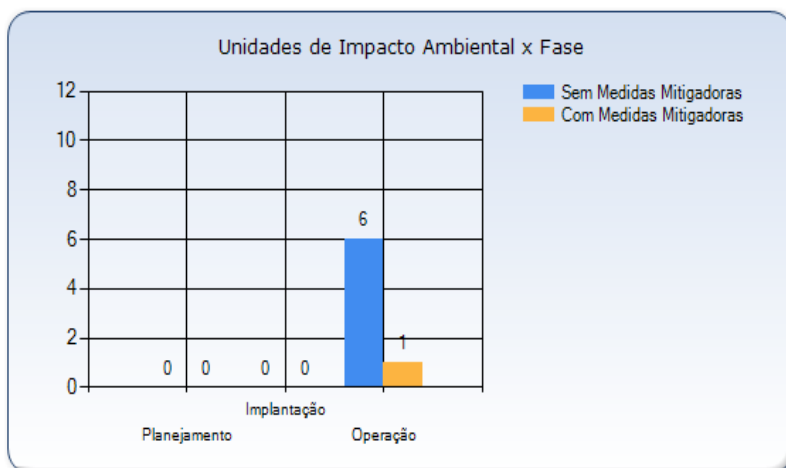
NEPA - Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática  
Universidade Federal de Itajubá

**Impacto de Vizinhança: Não**

**Descrição:** A formação do reservatório provocará alterações do sistema de fluxo intermediário configuradas por elevações gradativas do nível do lençol freático no entorno do lago. O conseqüente aumento de poropressões nessas encostas associado ao deplecionamento diário do nível de água, poderá induzir a agravamentos ou a novas instabilizações localizadas nessa região, situação agravada pela remoção da cobertura vegetal que hoje já se verifica na área diretamente afetada e de entorno. Como impactos associados ter-se-á a liberação de material sólido para o reservatório com efeitos sobre sua vida útil e sobre a qualidade de suas águas, bem como o comprometimento gradativo de terras localizadas em seu entorno, pelo potencial avanço das frentes de erosão e de instabilização. A ocorrência e a temporalidade do impacto estarão vinculadas à dinâmica de uso no entorno do reservatório em função da intensificação de remoção de cobertura vegetal e manejo inadequado dos solos.

**Descrição sem a aplicação de medidas mitigadoras:** Alteração na qualidade e risco no entorno do reservatório. O referido impacto assume caráter local e regional. Regional quando houver transporte de sedimentos. O EIA em estudo considera apenas um impacto local.

**Descrição com a aplicação de medidas mitigadoras:** A adoção de técnicas na fase de planejamento e projeto como sistemas de contenção de encostas e estabilização de taludes vão minimizar o carreamento de solo e fatores voltados à qualidade de água e aspectos limnológicos.



**Impacto 5) Instabilização de margens e risco de comprometimento de áreas marginais.**

**Impacto de Vizinhança: Não**

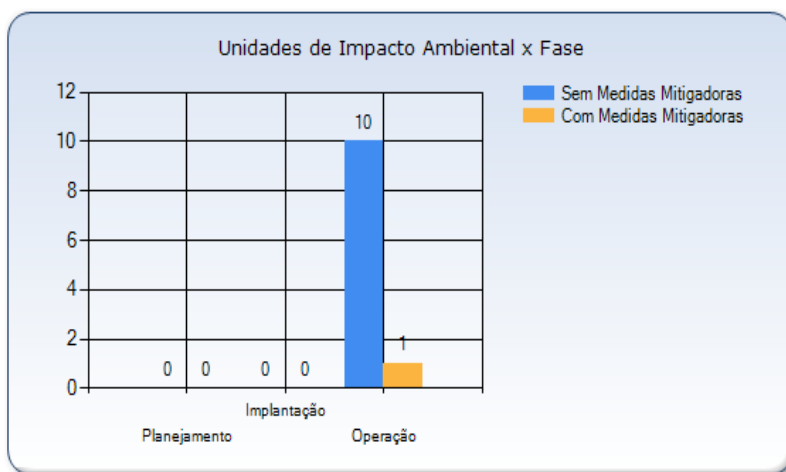
**Descrição:** A variação do nível da água decorrente da operação da usina será pouco significativa de modo que a possibilidade de indução à potencial instabilização de terraços aluviais marginais ao rio Santo Antônio é baixa.

**Descrição sem a aplicação de medidas mitigadoras:** Comprometimento das margens do reservatório. A não adoção de medidas mitigadoras fará com que o referido impacto seja irreversível.

**Descrição com a aplicação de medidas mitigadoras:** Considerando variáveis geotécnicas, minimizarão consideravelmente aspectos de transporte de sólidos em suspensão e riscos de deslizamento no entorno do reservatório.



NEPA - Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática  
Universidade Federal de Itajubá



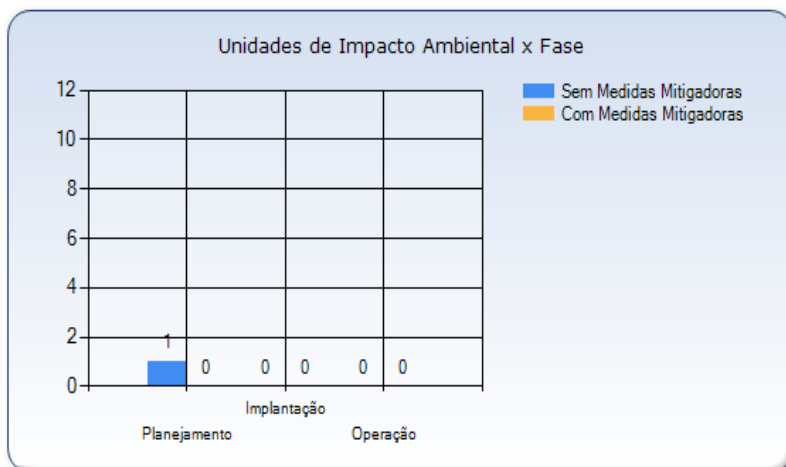
**Impacto 6) Perda de vegetação**

**Impacto de Vizinhança:** Não

**Descrição:** Impacto provocado pelo desmate para abertura de trilhas, com corte de algumas árvores e da vegetação herbácea com perda de germoplasma. Após essas intervenções, a vegetação tende a se recuperar.

**Descrição sem a aplicação de medidas mitigadoras:** O impacto existe devido à abertura de picadas com o objetivo de executar o levantamento topográfico no local onde será implantado a PCH. Portanto, a vegetação se recuperará naturalmente, não havendo necessidade de adotar medidas mitigadoras.

**Descrição com a aplicação de medidas mitigadoras:** Não existe impacto por causa da recuperação por sinergia natural.



**Impacto 7) Dispersão da fauna de vertebrados alados e terrestres.**

**Impacto de Vizinhança:** Não

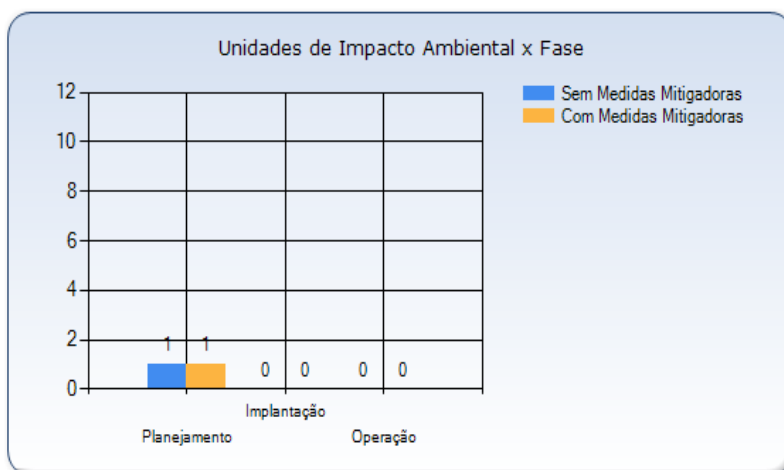
**Descrição:** A abertura de acessos e picadas leva à dispersão da fauna, que se deslocará para a área de entorno. Finalizados os trabalhos, a mesma tende a retornar, sendo restabelecido o equilíbrio da área.



NEPA - Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática  
 Universidade Federal de Itajubá

**Descrição sem a aplicação de medidas mitigadoras:** A fauna tende a se dispersar para outro local retornando para o seu hábitat de origem após o término da fase de planejamento. Diante dessa situação não há necessidade de monitoramento e adoção de medidas mitigadoras.

**Descrição com a aplicação de medidas mitigadoras:** O retorno da fauna se dará quando houver redução do impacto na fase de operação do empreendimento.



**Impacto 8)** Alteração da qualidade das águas frente ao descarte de efluentes, à disposição inadequada e resíduos e de insumos nas áreas do canteiro de obras, oficinas, alojamentos, refeitório e área de lazer.

**Impacto de Vizinhança:** Não

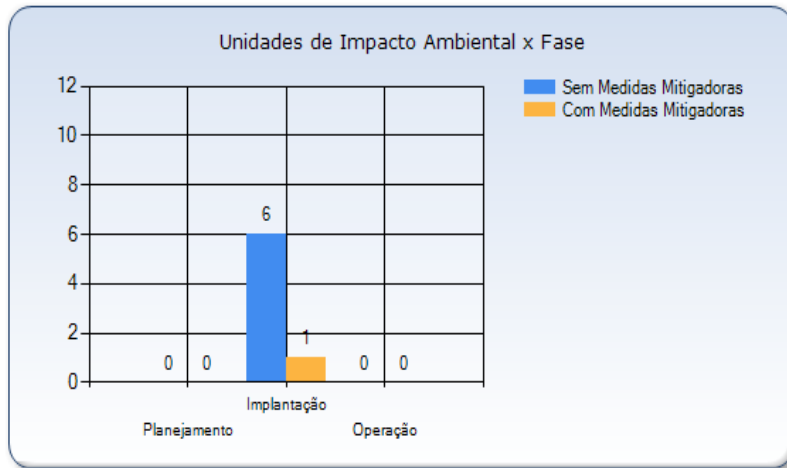
**Descrição:** Nas áreas de infra-estrutura construtiva serão gerados efluentes sanitários, de lavagem de equipamentos (incluindo óleos e graxas) e de cozinha, bem como resíduos domésticos que, se não convenientemente coletados, tratados e/ou dispostos, poderão alterar a qualidade das águas. A potencial contaminação dos recursos hídricos poderá ocorrer também derivada da disposição inadequada de baterias de veículos, lâmpadas fluorescentes, óleos e pneus. Estas alterações na qualidade da água se refletem sobre a ictiofauna que tende a se dispersar a procura de água com melhor qualidade.

**Descrição sem a aplicação de medidas mitigadoras:** O impacto é devido à disposição inadequada de resíduos durante a construção da PCH, que trará como conseqüências a contaminação do solo e da água, comprometendo os ecossistemas envolvidos nessa situação. Dependendo do tipo de resíduo lançado na água, o rio tem capacidade de autodepuração, mas se alguns desses resíduos que contém metais pesados se dispersarem na água poderão promover uma contaminação regional, o que justifica a magnitude alta do impacto. O EIA em estudo considera o referido impacto como local e magnitude média.

**Descrição com a aplicação de medidas mitigadoras:** Com a adoção de medidas mitigadoras como construção de fossas sépticas para disposição adequada dos resíduos gerados, monitoramento da qualidade da água, o referido impacto tende a minimizar. A construção de fossas sépticas é uma medida mitigadora muito significativa, pois estas, previnem os trabalhadores da obra de doenças. Além do que, a construção destas, possibilitará a utilização de água de melhor qualidade pelos usuários à jusante do local e contribui para a conservação dos recursos hídricos.



NEPA - Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática  
Universidade Federal de Itajubá



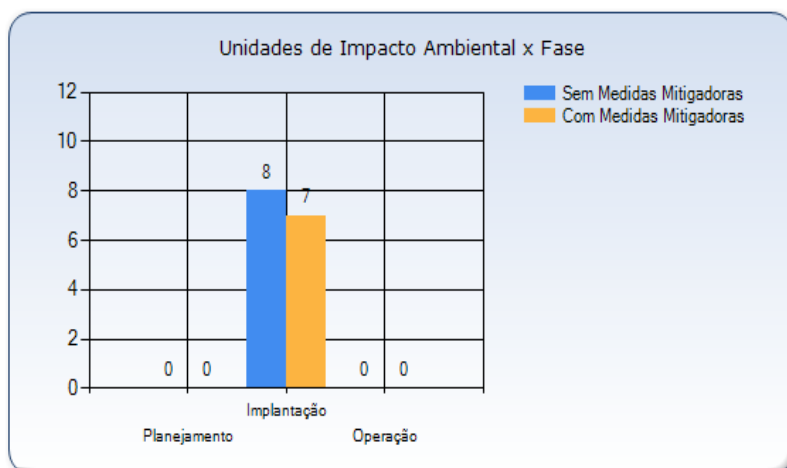
**Impacto 9) Perda de vegetação**

**Impacto de Vizinhança:** Não

**Descrição:** A implantação da infra-estrutura de apoio, de infraestrutura operacional e do reservatório levarão à supressão de vegetação nativa (cerca de 2 ha), com perda de indivíduos e germoplasma.

**Descrição sem a aplicação de medidas mitigadoras:** Na fase de implantação, o referido impacto assume caráter irreversível na área que será inundada. Nas áreas requeridas para a infra-estrutura de apoio e operacional, considera-se que o impacto seja reversível com a adoção de medidas mitigadoras. De acordo com o EIA em estudo, nas referidas áreas encontram-se vegetais ameaçados de extinção, o que justifica a magnitude alta do impacto. O EIA em estudo considera magnitude média para tal impacto.

**Descrição com a aplicação de medidas mitigadoras:** Com a adoção das medidas mitigadoras sugeridas no EIA em estudo como projetos de recomposição da mata ciliar e resgate de epífitas, as áreas requeridas à infra-estrutura de apoio e operacional recuperarão, mas a área inundada não. Em alguns casos, mesmo com a adoção das medidas sugeridas não será possível reverter totalmente o impacto nas áreas onde ocorreu supressão da vegetação, pois, há algumas espécies vegetais, como por exemplo, a araucária, que demora muitos anos para frutificar e fornecer alimento para o ecossistema. Nesse caso, sugere-se a recuperação e replantio dessas espécies.





NEPA - Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática  
Universidade Federal de Itajubá

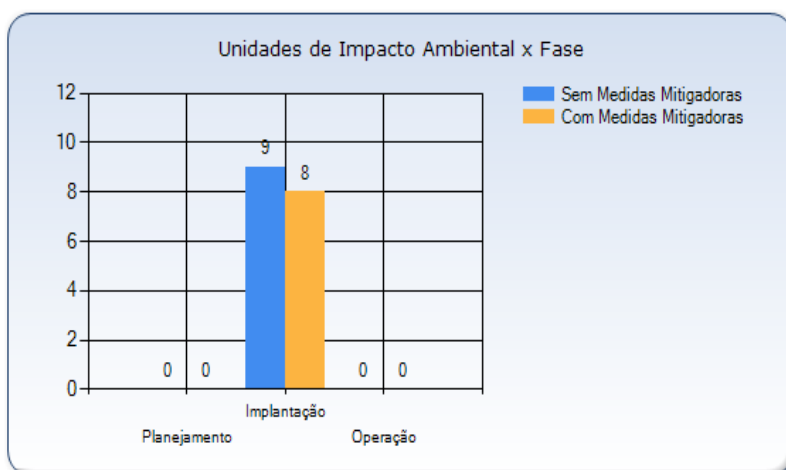
**Impacto 10) Supressão de habitats para a fauna.**

**Impacto de Vizinhança:** Não

**Descrição:** Impacto decorrente da remoção da vegetação nativa e das pastagens existentes nas áreas destinadas à infraestrutura de apoio e operacional, assim como da remoção da vegetação na área correspondente ao futuro reservatório. O impacto atinge elementos da mastofauna, avifauna e da herpetofauna presente nestas áreas. A possível presença de espécies ameaçadas de extinção eleva a magnitude e a importância do impacto.

**Descrição sem a aplicação de medidas mitigadoras:** A perda de habitats para a fauna será irreversível na área do reservatório. Nas áreas requeridas à infraestrutura de apoio e operacional, a fauna retornará com a adoção de medidas mitigadoras.

**Descrição com a aplicação de medidas mitigadoras:** As medidas mitigadoras sugeridas no EIA em estudo como projeto de recomposição da mata ciliar e programas de monitoramento da fauna farão com que parte das espécies evasivas retorne às áreas requeridas à infraestrutura de apoio e operacional. Mesmo com a adoção das medidas sugeridas, não será possível reverter o impacto na área requerida ao reservatório.



**Impacto 11) Pressão sobre a fauna.**

**Impacto de Vizinhança:** Não

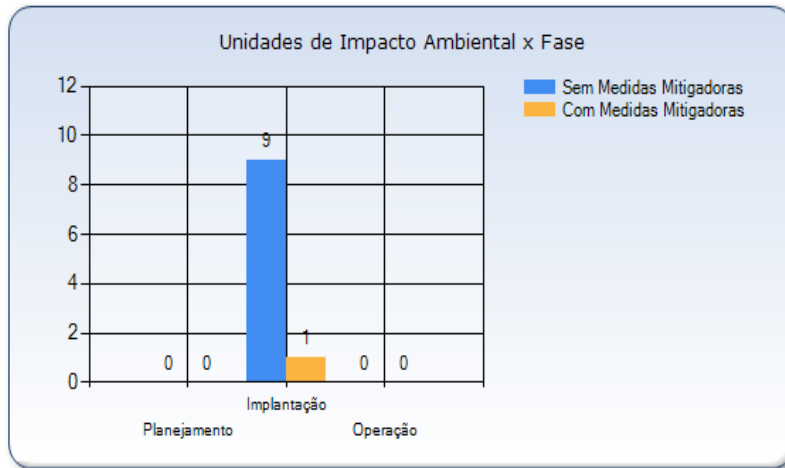
**Descrição:** A concentração de pessoas associadas à construção da PCH Ninho da Águia tende a elevar a pressão de caça de espécies consideradas como de valor alimentar, das criadas em cativeiro, como animal de estimação e das consideradas peçonhentas ou perigosas.

**Descrição sem a aplicação de medidas mitigadoras:** Haverá uma tendência de grande parte do pessoal envolvido na obra em praticar a caça. Considerando que no local existem animais ameaçados de extinção, eleva-se a magnitude do impacto. Geralmente as pessoas envolvidas na obra, já têm uma cultura de praticar a caça e apreender animais em cativeiros.

**Descrição com a aplicação de medidas mitigadoras:** Com a adoção de medidas mitigadoras como palestras de sensibilização com o pessoal envolvido na obra e fiscalização, o impacto minimizará. Além das medidas sugeridas no EIA em estudo, sugere-se a captura e remanejamento de animais que possam ameaçar a vida dos funcionários da obra, como por exemplo uma cobra cascavel.



NEPA - Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática  
Universidade Federal de Itajubá



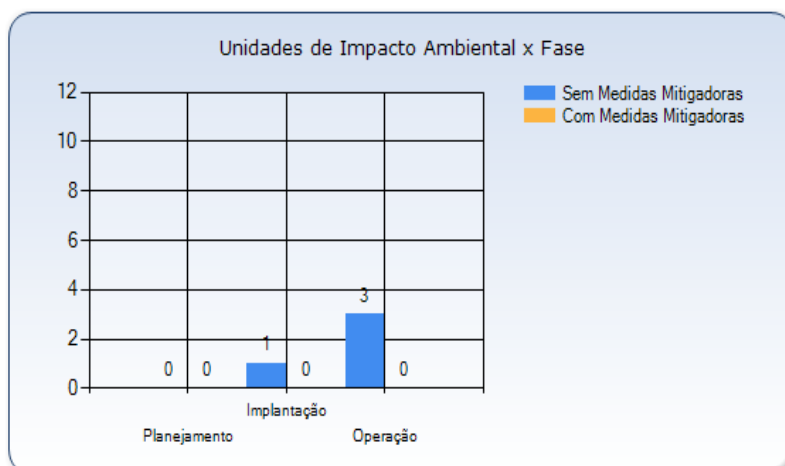
**Impacto 12)** Elevação nos teores de materiais orgânicos e de nutrientes, redução de oxigênio dissolvido no reservatório.

**Impacto de Vizinhança:** Não

**Descrição:** Impacto proveniente da inundação da biomassa vegetal presente na área a ser inundada que, ao ser decomposta libera nutrientes para a água. No processo de decomposição ocorre consumo de oxigênio. O impacto tem início da fase de implantação e perdura por um pequeno período da fase de operação. O pequeno tempo de retenção das águas do reservatório é um fator de minimização.

**Descrição sem a aplicação de medidas mitigadoras:** O referido impacto aparecerá na fase de operação e não na implantação do empreendimento como descrito no EIA em estudo. Tal impacto é proveniente da decomposição da vegetação submersa, mas, em função do tamanho e da vazão do reservatório, não ocorrerá eutrofização, contrariando o EIA analisado. O que poderá acontecer será o acúmulo de vegetação remanescente no reservatório, o que provocará poluição visual "aparência de paliteiro".

**Descrição com a aplicação de medidas mitigadoras:** Com a adoção de medidas como limpeza na bacia de acumulação não terá poluição visual.





NEPA - Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática  
Universidade Federal de Itajubá

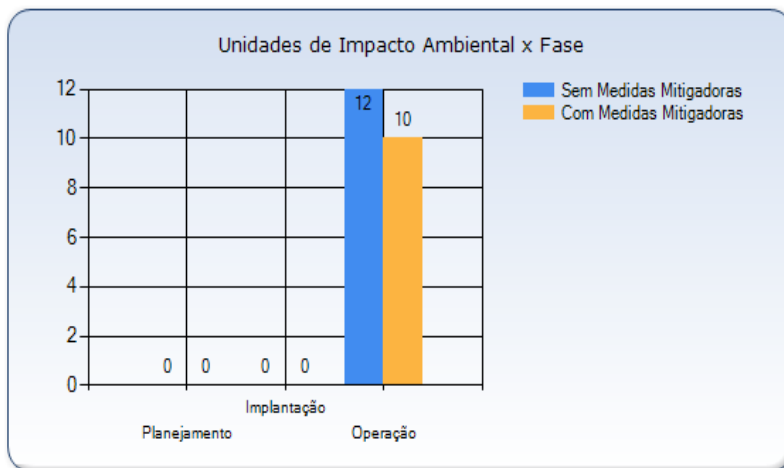
**Impacto 13)** Alteração da qualidade das águas do reservatório face ao aporte de sedimentos, de agroquímicos, de dejetos de animais e de poluentes do lixo.

**Impacto de Vizinhança:** Não

**Descrição:** Com a formação do reservatório, poderá haver a perspectiva de alteração no padrão de uso do solo na sua área de entorno, hoje ocupada majoritariamente por pastagens. Caso venha a se verificar intensificação do uso do solo naquela área, com atividades agrícolas e/ou de lazer, daí poderá decorrer a geração e o aporte de poluentes ao lago. Por sua vez, o "lixão" embora recentemente desativado ainda constitui fonte potencial de geração de carga de poluente que deverá aportar ao reservatório.

**Descrição sem a aplicação de medidas mitigadoras:** Considerando que não são tomadas as medidas mitigadoras sugeridas no projeto, o referido impacto terá magnitude alta e será regional devido ao transporte de sedimentos, agroquímicos e poluentes do lixo. O EIA em estudo considera este impacto local e magnitude baixa.

**Descrição com a aplicação de medidas mitigadoras:** A adoção de medidas mitigadoras como programas de educação ambiental, monitoramento limnológico e de qualidade da água, minimizarão o impacto, reduzindo assim a sua magnitude, mas não o reverterão devido aos agroquímicos presentes na água, contradizendo assim o EIA em estudo. Uma medida significativa não sugerida no EIA em estudo é o zoneamento ecológico-econômico.



**Impacto 14)** Alteração do comportamento de oxigênio dissolvido.

**Impacto de Vizinhança:** Não

**Descrição:** É decorrente da depuração de maiores quantidades de material orgânico, concentrada no reservatório o que eleva o consumo de oxigênio. A reposição de oxigênio, pela reaeração atmosférica, será reduzida. A sua produção através da fotossíntese compensa parte da perda.

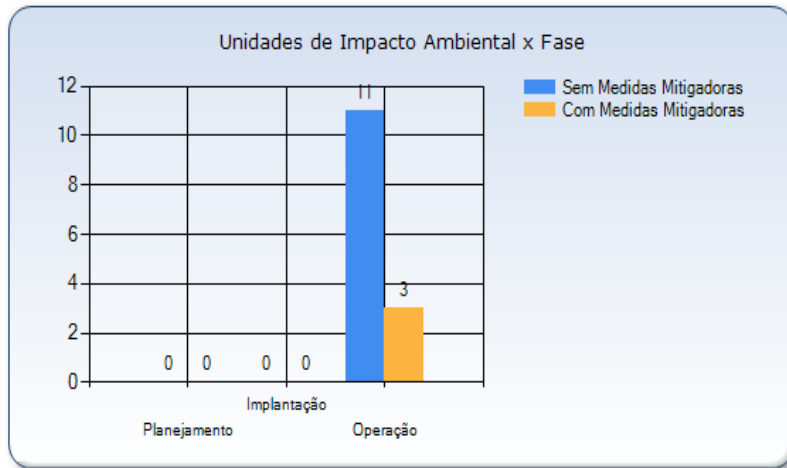
**Descrição sem a aplicação de medidas mitigadoras:** Considerando o tamanho do reservatório e a facilidade de extração da vegetação que seria inundada e a vazão mínima do reservatório ( $Q= 1,33 \text{ m}^3/\text{s}$ ), o referido impacto é desprezível, contudo, quando considera-se o chorume vindo do lixão à montante, o impacto devido a carga de metais pesados e matéria orgânica, eleva-se sua magnitude mesmo não sabendo das quantidades aportadas. O impacto é regional devido à percolação do chorume. O EIA em estudo considera o referido impacto local e magnitude baixa.

**Descrição com a aplicação de medidas mitigadoras:** Com a adoção de medidas mitigadoras pertinentes a retirada da vegetação de dentro do reservatório, o impacto será insignificante devido à dimensão do reservatório. Quanto ao chorume percolado a adoção de medidas mitigadoras de retenção e tratamento do mesmo reverterá o impacto passando este a ser local. Esta medida não foi sugerida no EIA em estudo.





NEPA - Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática  
Universidade Federal de Itajubá



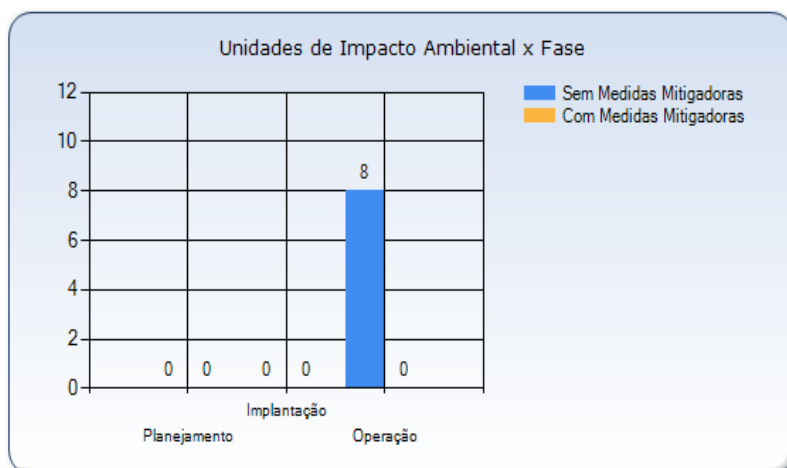
**Impacto 15)** Modificação na estrutura e funcionamento da microbiota aquática.

**Impacto de Vizinhança:** Não

**Descrição:** A formação de um ambiente lântico conduz a um aumento de produtividade do plâncton e a restrição na diversidade do benton, elevando o potencial de trofia do reservatório. A flutuação diária no nível de água do reservatório interfere na produtividade do zoobenton.

**Descrição sem a aplicação de medidas mitigadoras:** Considerando que a alta vazão mínima (Q= 1,33 m<sup>3</sup>/s), o volume de água armazenado e da pequena área alagada, o ambiente continuará lântico, contrariando o EIA Ninho da Águia 2001, portanto, a modificação da microbiota aquática é insignificante.

**Descrição com a aplicação de medidas mitigadoras:** Como o referido impacto é insignificante, não haverá necessidade de adoção de medidas mitigadoras.



**Impacto 16)** Alteração quali-quantitativa da ictiofauna.

**Impacto de Vizinhança:** Não

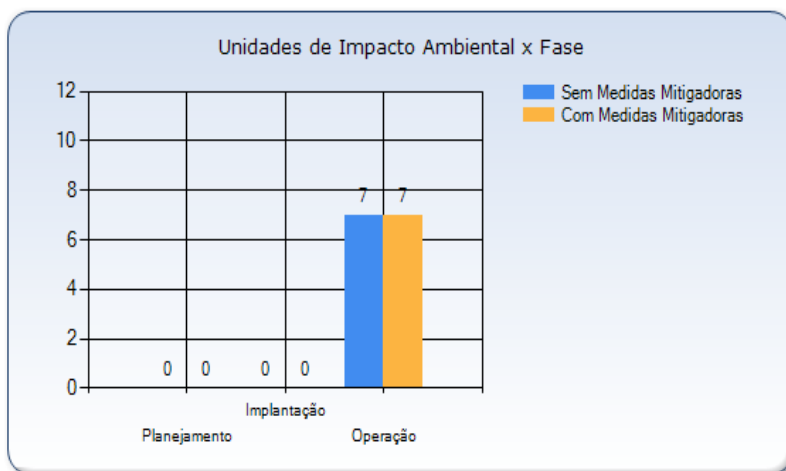


NEPA - Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática  
 Universidade Federal de Itajubá

**Descrição:** Mudança de ambiente lótico para lêntico, com alterações da qualidade das águas e transferência energética através da cadeia alimentar, com reflexos na estrutura da comunidade de peixes. A ictiofauna presente no trecho do rio Santo Antônio correspondente ao futuro reservatório é composta por espécies de pequeno porte devendo as mesmas prevalecer no novo ambiente. Logo após a formação do reservatório haverá aumento no número e na biomassa dessas espécies, seguido de uma queda correspondente ao equilíbrio do novo ambiente.

**Descrição sem a aplicação de medidas mitigadoras:** Considerando que a alta vazão mínima ( $Q = 1,33 \text{ m}^3/\text{s}$ ), o volume de água armazenado e da pequena área alagada, o ambiente continuará lótico, contrariando o EIA em estudo. A modificação da biota aquática em outras condições seria relevante por não existir sistema de transposição para a ictiofauna.

**Descrição com a aplicação de medidas mitigadoras:** Mesmo com a adoção de medidas como sistemas de transposição para a ictiofauna o impacto continuará existindo, devido ao paramento da Cachoeira Ninho da Águia.



**Impacto 17) Eliminação de habitats para a ictiofauna e para a anfíbiofauna.**

**Impacto de Vizinhança:** Não

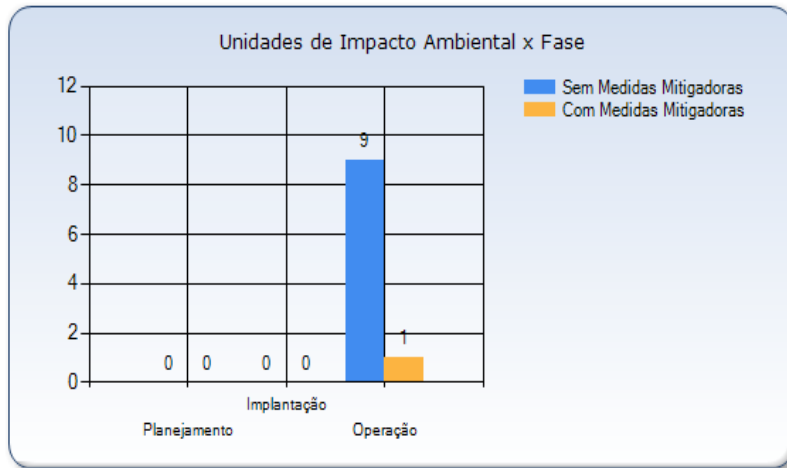
**Descrição:** Perdas de habitats marginais, em decorrência da flutuação de nível. Esta variação impede que as margens usadas como áreas de desova, e alimentação, refletindo no tamanho das populações.

**Descrição sem a aplicação de medidas mitigadoras:** O impacto sobre a anfíbiofauna será mínimo em relação a ictiofauna devido a facilidade de deslocamento dos anfíbios em busca de um ambiente favorável ao seu desenvolvimento.

**Descrição com a aplicação de medidas mitigadoras:** Com a adoção de medidas mitigadoras como monitoramento da fauna, criação de infra-estrutura para tal monitoramento somado com ações para criar condições de reprodução da anfíbiofauna e ictiofauna, haverá a possibilidade de reversão do impacto. Exemplo: soltura de peixes em outros locais e melhoria das condições de procriação dos peixes no referido reservatório.



NEPA - Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática  
Universidade Federal de Itajubá



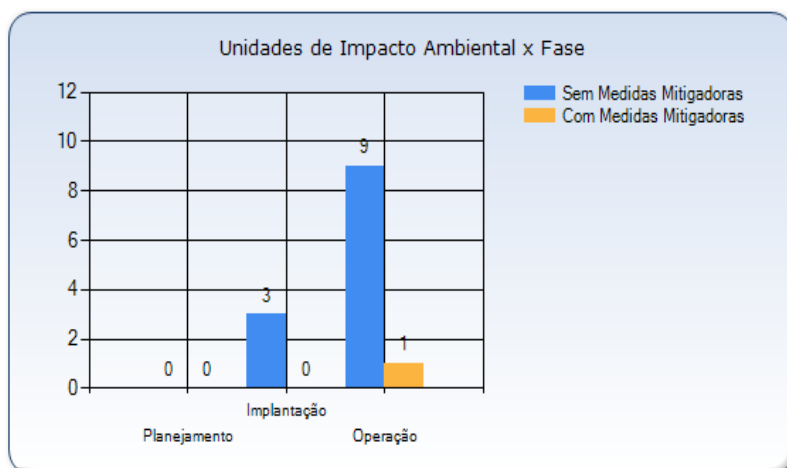
**Impacto 18)** Alteração na composição e população de epífitas.

**Impacto de Vizinhança:** Não

**Descrição:** A redução de vazão tem como resultado direto à diminuição de umidade ao longo deste trecho, refletindo-se na vegetação existente e adaptada a um nível maior de umidade. Neste caso incluem-se as epífitas que aí ocorrem com maior incidência.

**Descrição sem a aplicação de medidas mitigadoras:** O referido impacto tende a levar as epífitas à extinção, tendo como desdobramento à eliminação/desestruturação de ambientes favoráveis para a sobrevivência de insetos e aves. Durante a fase de planejamento não existirá impacto. Na fase de implantação os impactos ficarão restritos na área do canteiro de obras. Na fase de operação o impacto ocorrerá no trecho da jusante entre a barragem e a casa de força devido à redução do volume d'água.

**Descrição com a aplicação de medidas mitigadoras:** Na fase de implantação com a adoção de medidas mitigadoras como remanejamento das espécies, o impacto deixará de existir. Na fase de operação os impactos continuarão representativos pelo baixo volume de água do reservatório. Sugere-se também como medidas mitigadoras a adoção da vazão ecológica e a recomposição da mata ciliar no trecho de vazão reduzida.



**Impacto 19)** Dispersão de elementos da fauna.



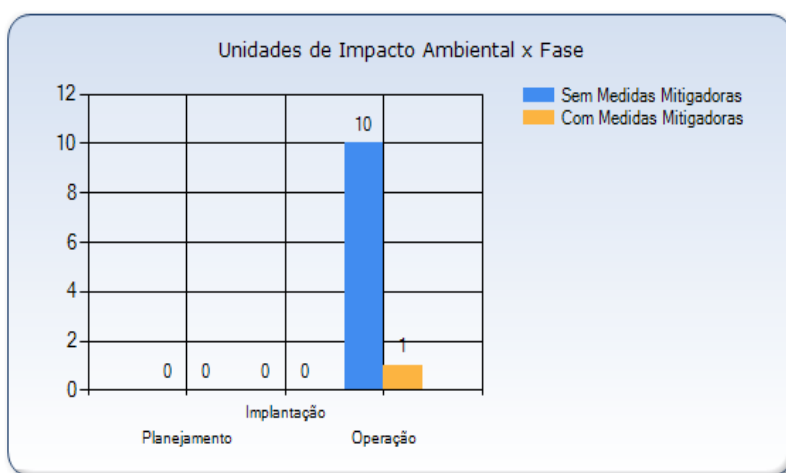
NEPA - Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática  
 Universidade Federal de Itajubá

**Impacto de Vizinhança:** Não

**Descrição:** Com a redução de vazão no rio Santo Antônio, em um trecho de 2,42 km a jusante do barramento, as comunidades dependentes de epífitas, como fonte de alimentação, se dispersarão à procura de ambientes mais favoráveis. Espécies de mastofauna, herpetofauna e anfíbiofauna associadas aos ambientes úmidos também se dispersarão.

**Descrição sem a aplicação de medidas mitigadoras:** O referido impacto é um desdobramento do impacto no 18, então, a fauna dependente das epífitas e de ambientes úmidos tende a procurar outros ambientes favoráveis para a sua sobrevivência.

**Descrição com a aplicação de medidas mitigadoras:** Com a adoção das medidas propostas como programa de monitoramento da fauna e projeto de reflorestamento ciliar o impacto reverterá. Uma outra sugestão de medidas para minimizar o referido impacto seria o fornecimento de alimentos tais como: frutos, sementes, etc., para a fauna permanecer no local.



**Impacto 20)** Modificação na estrutura de funcionamento da biota aquática.

**Impacto de Vizinhança:** Não

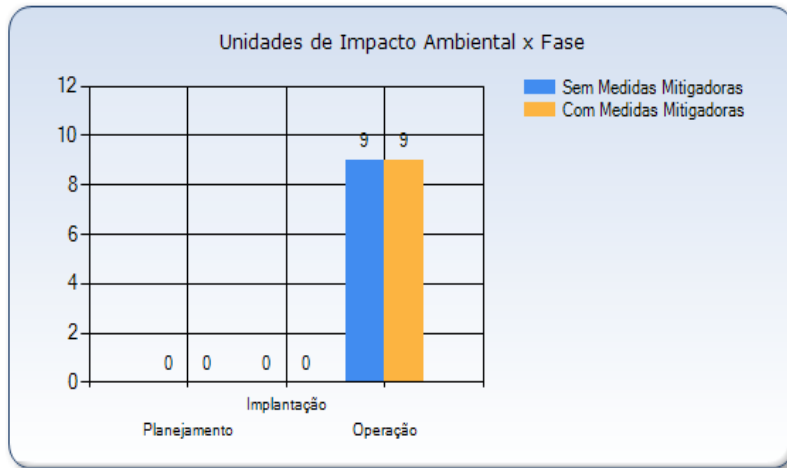
**Descrição:** A exportação de organismos do reservatório adaptados a ambientes lênticos, altera a estrutura e o funcionamento da biota no trecho de vazão reduzida, que tem característica única.

**Descrição sem a aplicação de medidas mitigadoras:** Devido à dimensão do reservatório e a forma de operação, que é caracterizada pelo rebaixamento nos horários de maior demanda de energia, não existirá adaptação de espécies de peixes por não existir um ambiente lêntico.

**Descrição com a aplicação de medidas mitigadoras:** Para o referido impacto não haverá medidas mitigadoras pela não necessidade de sistema de transposição para peixes, a cachoeira Ninho da Águia é um obstáculo natural para os peixes.



NEPA - Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática  
Universidade Federal de Itajubá



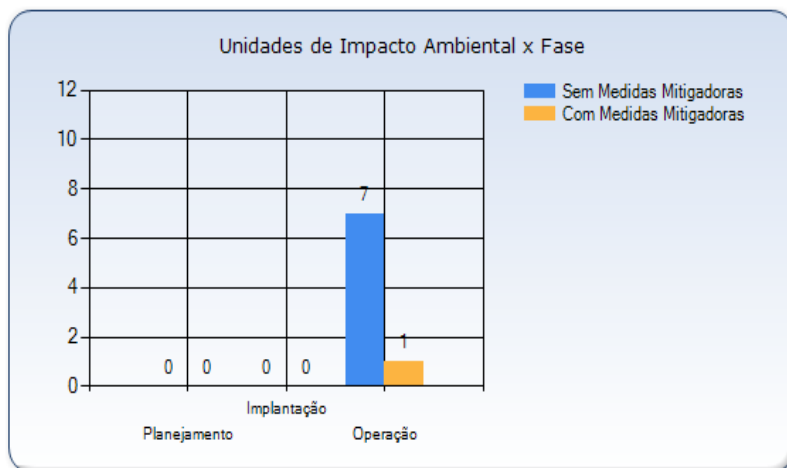
**Impacto 21)** Redução na capacidade de auto-depuração no trecho de vazão reduzida.

**Impacto de Vizinhança:** Não

**Descrição:** A diminuição de vazão entre a barragem e a casa de força reduz a capacidade de diluição e depuração dos esgotos lançados neste trecho, elevando o índice de contaminação fecal.

**Descrição sem a aplicação de medidas mitigadoras:** Devida à pequena extensão do trecho (2,42 Km) de vazão reduzida, o impacto não é tão relevante. Por um outro lado, a não adoção de medidas mitigadoras sugeridas no EIA em estudo, a situação irá agravar neste trecho e no seguinte, a jusante da casa de força.

**Descrição com a aplicação de medidas mitigadoras:** Considerando que o empreendedor adquira toda a área ao entorno do trecho de vazão reduzida, acredita-se que não haverá pessoas no referido local. Portanto, a chance de contaminação fecal é mínima, justificando a magnitude baixa considerada no EIA em estudo. A adoção da Q7/10 e programas de negociação minimizarão substancialmente o impacto.



**Impacto 22)** Eliminação de habitats para a ictiofauna.

**Impacto de Vizinhança:** Não

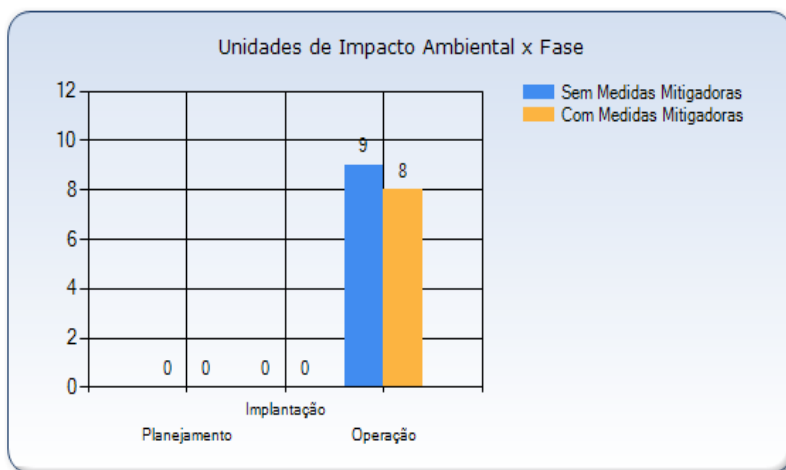


NEPA - Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática  
Universidade Federal de Itajubá

**Descrição:** O ambiente que se formará neste trecho poderá comportar populações de peixes de pequeno porte, como os lambaris, canivetes e pequenos cascudos.

**Descrição sem a aplicação de medidas mitigadoras:** Desconsiderando a adoção da vazão Q7/10, apenas os peixes pequenos sobreviverão.

**Descrição com a aplicação de medidas mitigadoras:** Considerando a vazão Q7/10, haverá a possibilidade dos peixes maiores sobreviverem.



**Impacto 23)** Redução da capacidade de autodepuração do rio Santo Antônio no trecho a jusante da casa de força.

**Impacto de Vizinhança:** Não

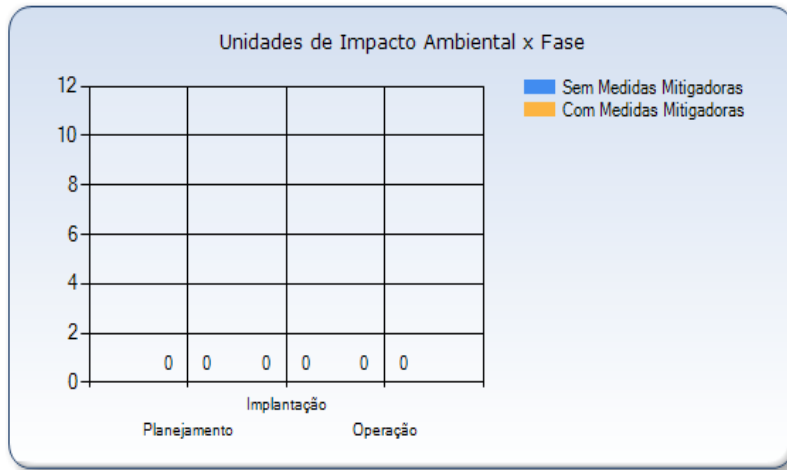
**Descrição:** O impacto tem as mesmas características descritas para o trecho de vazão reduzida.

**Descrição sem a aplicação de medidas mitigadoras:** Os analistas desse estudo discordam com o que foi descrito no EIA em estudo devido ao impacto não apresentar as mesmas características do trecho de vazão reduzida. No trecho a jusante da casa de força, o rio estará recebendo uma vazão aceitável pelo ecossistema, portanto, não ocorrerá impacto.

**Descrição com a aplicação de medidas mitigadoras:** Como não ocorrerá impacto, não há a necessidade de aplicação de medidas mitigadoras.



NEPA - Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática  
Universidade Federal de Itajubá



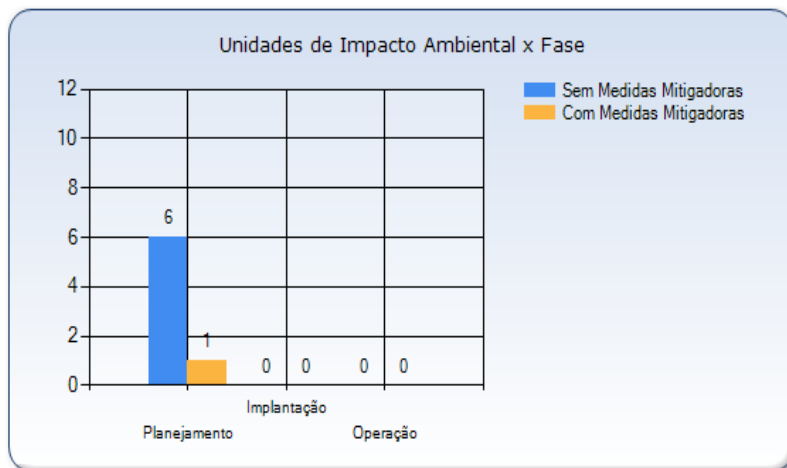
**Impacto 24) Insegurança e ansiedade da população local**

**Impacto de Vizinhança:** Não

**Descrição:** Informações insuficientes e/ou inadequadas, por vezes, extemporâneas, em virtude de indecisões referentes à construção do empreendimento, comuns à etapa que antecede a definição quanto à viabilidade de sua implantação, realização de trabalhos de campo preliminares, sem comunicação prévia e sem treinamento do pessoal, receios de perdas, prejuízos e transtornos.

**Descrição sem a aplicação de medidas mitigadoras:** A população tende a ficar insegura com a implantação do empreendimento devido às conseqüências que a implantação do mesmo poderá trazer, tais como, eliminação da cachoeira para lazer e escassez de água para os usuários da bacia a jusante da casa de força.

**Descrição com a aplicação de medidas mitigadoras:** Com a adoção de medidas mitigadoras como programas de comunicação social, o impacto minimizará, pois a população ficará mais bem informada sobre o empreendimento, principalmente se os usuários a jusante do empreendimento forem informados que eles não ficarão prejudicados por falta de água para as suas atividades, por causa da Q7/10.



**Impacto 25) Atração da população e tendência à desorganização social.**



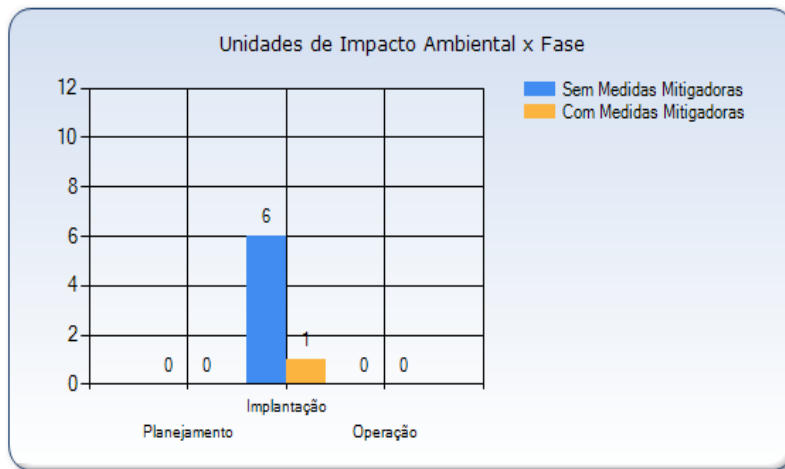
NEPA - Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática  
Universidade Federal de Itajubá

**Impacto de Vizinhança:** Não

**Descrição:** Contratação de mão de obra "externa"; fluxo de contingente de vinculação "indireta"; possibilidade de migração.

**Descrição sem a aplicação de medidas mitigadoras:** Na fase de implantação do empreendimento, o referido impacto tende a atrair pessoas da região que poderá trazer como conseqüências uma desorganização social. Após a implantação da PCH, o número de mão de obra será reduzido.

**Descrição com a aplicação de medidas mitigadoras:** Com a adoção de medidas mitigadoras como programa de qualificação de mão de obra para a população local, o impacto pode ser reduzido a medida que diminui-se a necessidade de mão de obra externa.



**Impacto 26)** Instabilidade do mercado imobiliário com aumento dos preços dos aluguéis.

**Impacto de Vizinhança:** Não

**Descrição:** Demanda de novas habitações derivadas do incremento populacional.

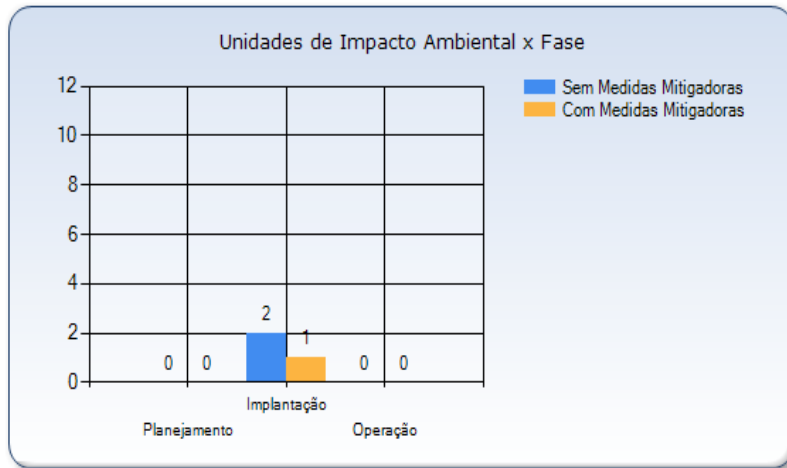
**Descrição sem a aplicação de medidas mitigadoras:** Haverá uma tendência do mercado imobiliário da cidade de reajustar os aluguéis dos imóveis em função do aumento da população e da procura por novas habitações.

**Descrição com a aplicação de medidas mitigadoras:** Com a adoção de medidas mitigadoras propostas para o impacto 25, conseqüentemente este impacto será minimizado.





NEPA - Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática  
Universidade Federal de Itajubá



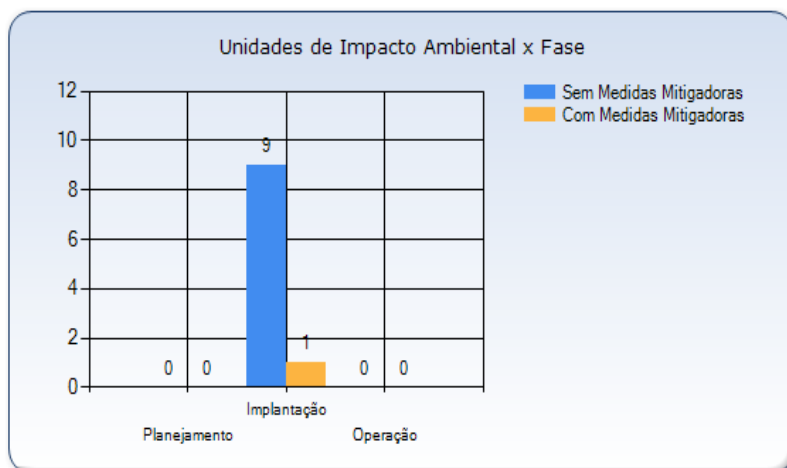
**Impacto 27)** Perda e/ou restrição de uso de áreas utilizadas economicamente com correspondente queda da produção agropecuária.

**Impacto de Vizinhança:** Não

**Descrição:** Formação do reservatório, implantação da galeria de adução e do conduto forçado, estabelecimento do trecho de vazão reduzida.

**Descrição sem a aplicação de medidas mitigadoras:** As áreas a serem alagadas são próximas ao curso d'água e são muito férteis, facilitando então a exploração agropecuária com o uso de tecnologias de irrigação. As áreas que sofrerão impacto por estarem próximas as vias de acesso facilitam o escoamento da produção durante todo o ano, pois estas são pavimentadas. Há também grande possibilidade de instalação de locais para vendas de produtos para os turistas que trafegam a BR 459.

**Descrição com a aplicação de medidas mitigadoras:** Com a adoção de medidas como plano de negociação, os produtores das áreas afetadas poderão adquirir outras propriedades rurais com características semelhantes à descrita acima, portanto o impacto terá magnitude baixa. Caso a negociação não se realize, será necessário à adoção da Q7/10 no trecho de vazão reduzida.



**Impacto 28)** Perda de moradias, benfeitorias e equipamentos, com possibilidade de migração dos produtores



NEPA - Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática  
Universidade Federal de Itajubá

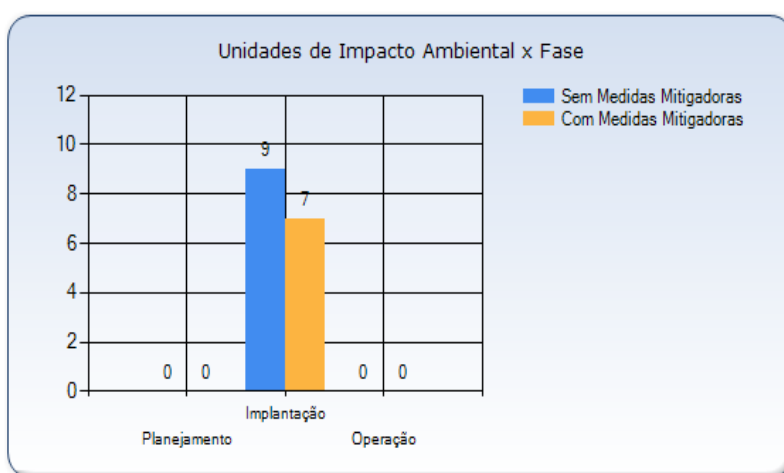
afetados; prejuízos e/ou transtornos causados pela instalação das demais estruturas operacionais.

**Impacto de Vizinhança:** Não

**Descrição:** Enchimento do reservatório; conclusão das obras para a implantação das estruturas operacionais.

**Descrição sem a aplicação de medidas mitigadoras:** Os moradores da área requerida para a PCH perderão suas moradias e outras benfeitorias com o enchimento do reservatório. Tal impacto é muito relevante devido ao valor sentimental pelas suas moradias e benfeitorias.

**Descrição com a aplicação de medidas mitigadoras:** Com adoção de medidas mitigadoras como plano de negociação, solucionará a perda material, mas a perda sentimental não tem como mensurar.



**Impacto 29) Risco de comprometimento dos vínculos sociais e das relações de vizinhança.**

**Impacto de Vizinhança:** Não

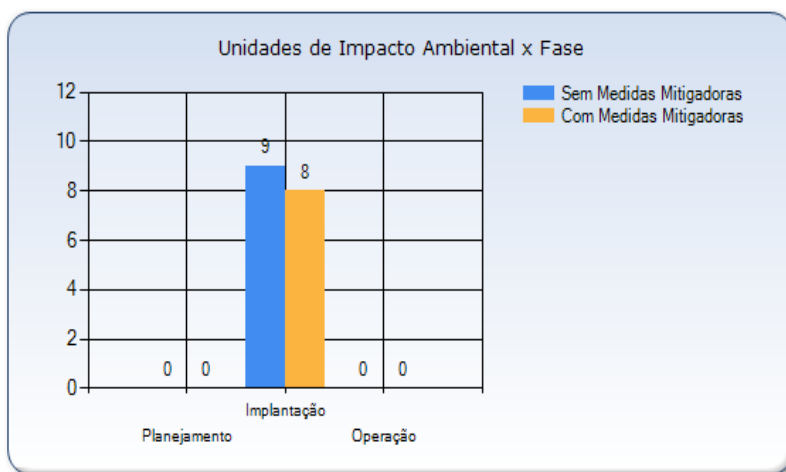
**Descrição:** Enchimento do reservatório; conclusão das obras para a implantação das estruturas operacionais, levando ao reassentamento compulsório de famílias afetadas.

**Descrição sem a aplicação de medidas mitigadoras:** O sofrimento da população devido a ruptura com a vizinhança é muito significativo. O reassentamento dos moradores é um problema de magnitude.

**Descrição com a aplicação de medidas mitigadoras:** Acredita-se que mesmo adotando medidas mitigadoras como planos de negociação, muitos moradores ficarão insatisfeitos por já terem criado raízes e estabelecido no local vínculos sociais. Tal impacto é muito subjetivo para ser mensurado.



NEPA - Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática  
Universidade Federal de Itajubá



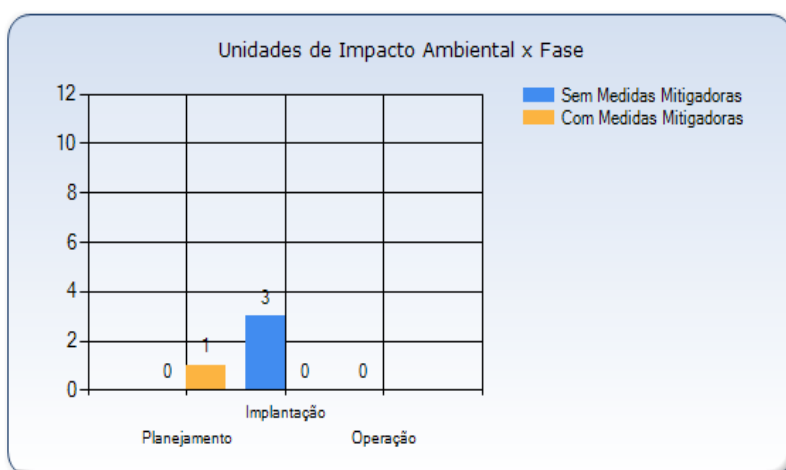
**Impacto 30)** Possibilidade de aumento de incidências de doenças infecciosas e parasitas.

**Impacto de Vizinhança:** Não

**Descrição:** Tal possibilidade seria considerada caso de haver disposição inadequada do lixo e da água servida do alojamento, situação na qual haveria risco de contaminação da água, do solo e de alimentos.

**Descrição sem a aplicação de medidas mitigadoras:** Considerando que um programa de capacitação de mão de obra local não foi realizado, a mão de obra utilizada será externa exigindo a improvisação de alojamentos que gerará outros impactos como, por exemplo, a disposição inadequada de resíduos.

**Descrição com a aplicação de medidas mitigadoras:** Considerando a adoção de medidas mitigadoras visando a capacitação de mão de obra local, tem-se como consequência a redução do processo migratório, portanto, este impacto será reduzido. Além disso, um programa de gestão de efluentes e resíduos resultará numa minimização maior do impacto.



**Impacto 31)** Disseminação de doenças transmissíveis.

**Impacto de Vizinhança:** Não

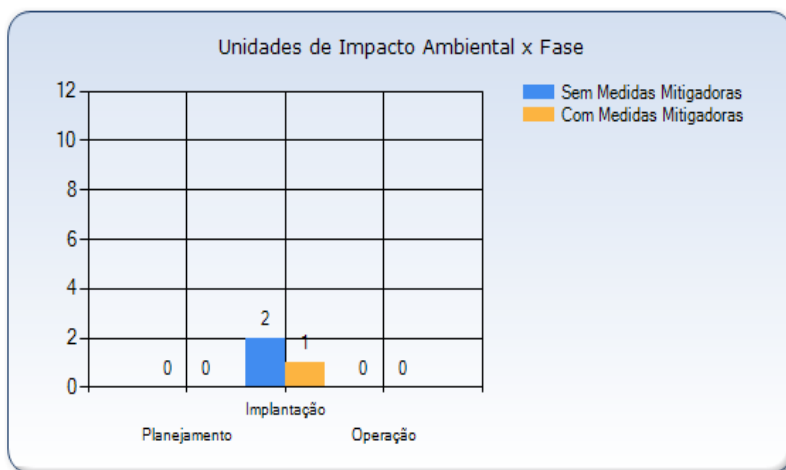


NEPA - Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática  
 Universidade Federal de Itajubá

**Descrição:** É decorrente da presença de portadores de doenças transmissíveis na população atraída pelo empreendimento.

**Descrição sem a aplicação de medidas mitigadoras:** A vinda de mão de obra externa, poderá causar a entrada de doenças transmissíveis.

**Descrição com a aplicação de medidas mitigadoras:** O treinamento de mão de obra local pode evitar esse impacto. Uma outra medida que poderá evitar o impacto é a exigência de um exame médico para a mão de obra antes da contratação da mesma.



**Impacto 32) Violência**

**Impacto de Vizinhança: Não**

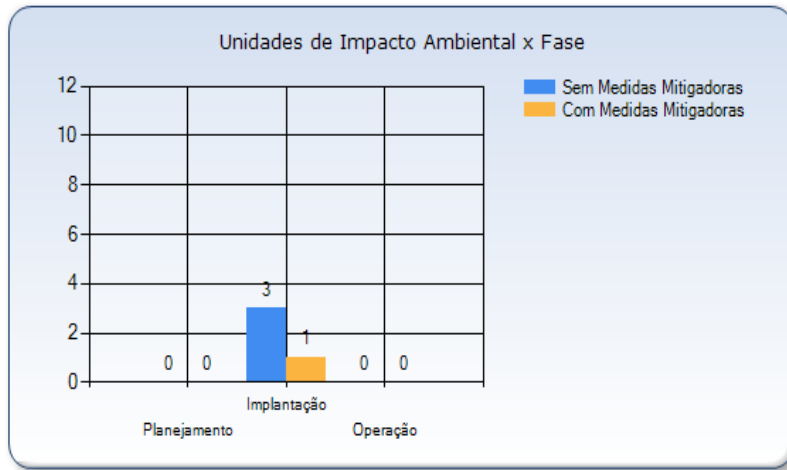
**Descrição:** Presença de movimentação de pessoas estranhas causando choque cultural. Consumo de bebidas e drogas.

**Descrição sem a aplicação de medidas mitigadoras:** A vinda de mão de obra externa, poderá causar a entrada de pessoas estranhas.

**Descrição com a aplicação de medidas mitigadoras:** O treinamento de mão de obra local ou contratação de pessoas da microregião evitará entrada de pessoas estranhas, não tendo portanto choque cultural.



NEPA - Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática  
Universidade Federal de Itajubá



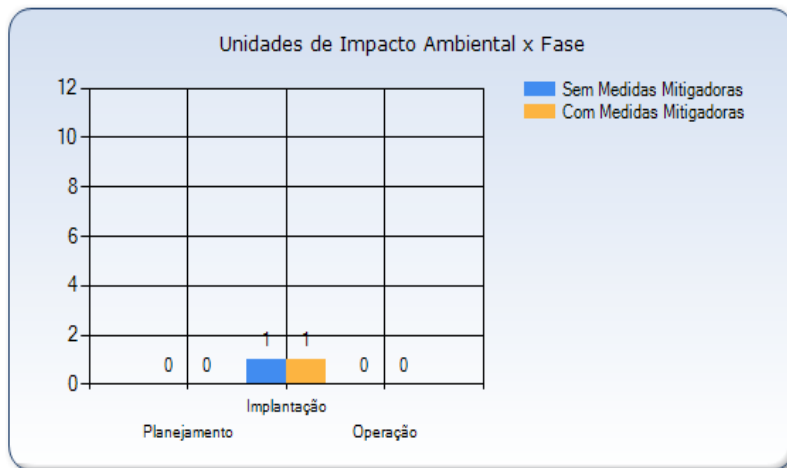
**Impacto 33) Probabilidade de ocorrência de acidentes**

**Impacto de Vizinhança:** Não

**Descrição:** Impacto sobre o trabalhador e a população local decorrente da utilização de máquinas e equipamentos e trânsito de veículos.

**Descrição sem a aplicação de medidas mitigadoras:** O trânsito de veículos e de máquinas poderá acarretar ocorrência de acidentes.

**Descrição com a aplicação de medidas mitigadoras:** O treinamento de mão de obra como também a adoção de medidas de engenharia de segurança poderá minimizar o referido impacto.



**Impacto 34) Pressão sobre os serviços de saúde.**

**Impacto de Vizinhança:** Não

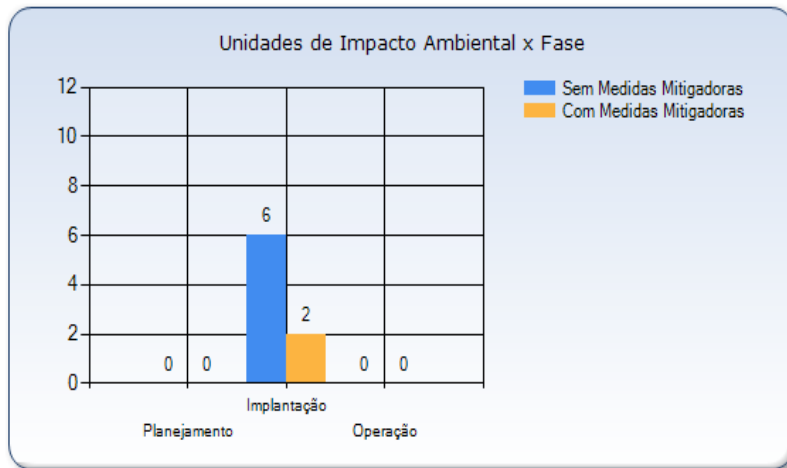
**Descrição:** Acréscimo populacional derivado do fluxo migratório derivado da implantação do empreendimento. Insuficiência de recursos de atenção à saúde.



NEPA - Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática  
Universidade Federal de Itajubá

**Descrição sem a aplicação de medidas mitigadoras:** A falta de infra-estrutura municipal poderá sobrecarregar o serviço de saúde.

**Descrição com a aplicação de medidas mitigadoras:** As adoções de ambulatório médico e de enfermagem próprias poderão ser uma atitude da sobrecarga provocada no município.



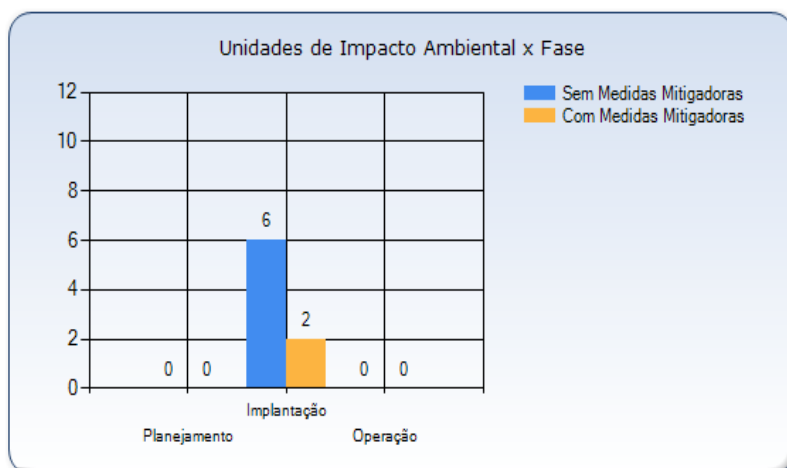
**Impacto 35)** Perda de vestígios arqueológicos pré-históricos e de um sítio arqueológico histórico.

**Impacto de Vizinhança:** Não

**Descrição:** Execução das obras, com a provável exposição e/ou soterramento de vestígios e do sítio, com sua conseqüente descaracterização/descontextualização.

**Descrição sem a aplicação de medidas mitigadoras:** Tanto na execução da barragem, do canal da casa de máquinas, a perda do patrimônio histórico e arqueológico ocorrerá caso não haja um levantamento prévio.

**Descrição com a aplicação de medidas mitigadoras:** O levantamento prévio do patrimônio histórico permitirá o remanejamento do mesmo para locais seguros, mas mesmo com essa transferência resultará na perda do local original.





NEPA - Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática  
Universidade Federal de Itajubá

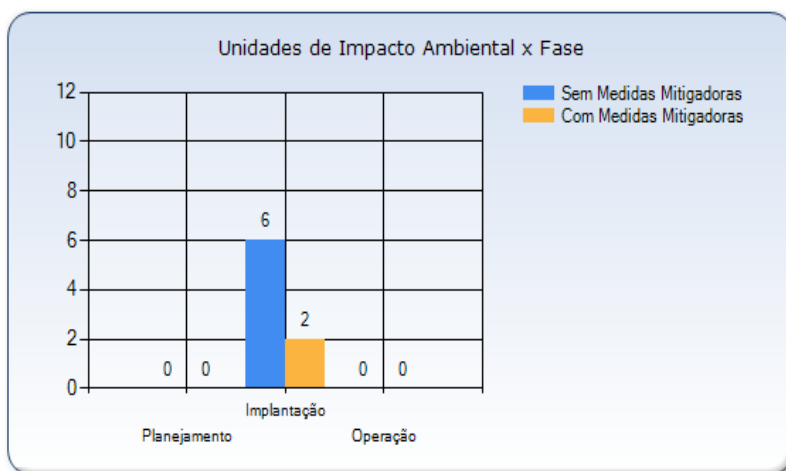
**Impacto 36)** Risco de comprometimento do patrimônio edificado.

**Impacto de Vizinhança:** Não

**Descrição:** Execução das obras e formação do reservatório.

**Descrição sem a aplicação de medidas mitigadoras:** A execução das obras de formação do reservatório, sem uma pesquisa arqueológica, permitirá a perda do referido patrimônio.

**Descrição com a aplicação de medidas mitigadoras:** O levantamento prévio do patrimônio histórico permitirá o remanejamento do mesmo para locais seguros, mas mesmo com essa transferência resultará na perda do local original.



**Impacto 37)** Alteração das características cênicas do rio Santo Antônio (cachoeiras, corredeiras).

**Impacto de Vizinhança:** Não

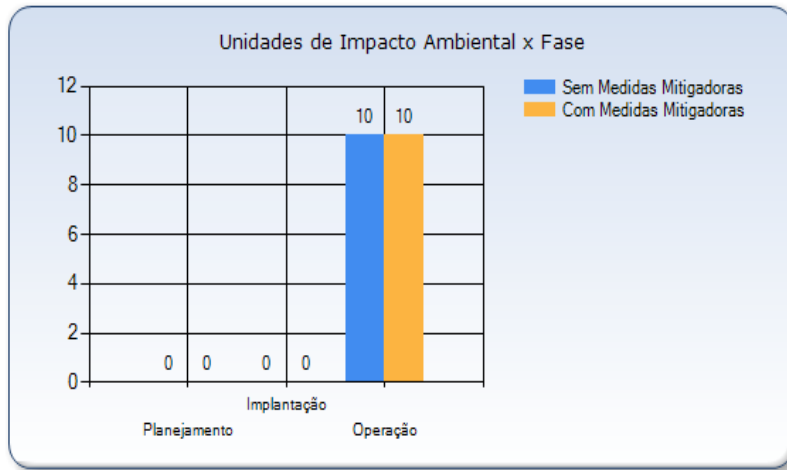
**Descrição:** Enchimento do reservatório e início de operação, com estabelecimento do trecho de vazão reduzida. No entanto, em função da regra operativa, as vazões restituídas ao longo do trecho à jusante da Casa de força serão de tal ordem que a média das variações máxima do nível do rio Santo Antônio estará entre 0,05m e 0,2m não alterando, de forma significativa, o fluxo d'água nas corredeiras e cachoeiras neste trecho.

**Descrição sem a aplicação de medidas mitigadoras:** O fechamento do reservatório irá interferir no trecho de vazão reduzida permitindo que as cachoeiras e corredeiras existentes originalmente fiquem sem acesso a beleza cênica local.

**Descrição com a aplicação de medidas mitigadoras:** Apesar da adoção da Q7/10 e das vazões das nascentes remanescentes a vazão não será original, provocando um impacto irreversível à beleza cênica.



NEPA - Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática  
 Universidade Federal de Itajubá







NEPA - Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática  
Universidade Federal de Itajubá

## ANEXO I

Para elaborar a matriz foi utilizado o estudo de caso da PCH Ninho da Águia, Delfim Moreira, MG. Na metodologia utilizou-se a análise de todos os impactos negativos e atribuíram-se pesos combinados em uma escala de impactos pré-definida. Os pesos atribuídos a cada impacto foram distribuídos de acordo com a combinação dos atributos apresentados no referido EIA. Os resultados obtidos mostram que os possíveis danos ambientais previstos no EIA são reduzidos em torno de 45%, aplicando-se as medidas mitigadoras sugeridas no EIA e na análise realizada no estudo.

### Pesos/Atributos:

Peso	Abrangência	Magnitude	Reflexo	Reversibilidade
0	Nenhum	Nenhum	Nenhum	Nenhum
1	Local	Baixa	Positivo Indireto	Reversível
2	Local	Média	Positivo Indireto	Reversível
3	Local	Alta	Positivo Indireto	Reversível
4	Regional	Baixa	Positivo Direto	Reversível
5	Regional	Média	Positivo Direto	Reversível
6	Regional	Alta	Positivo Direto	Reversível
7	Local	Baixa	Negativo Indireto	Irreversível
8	Local	Média	Negativo Indireto	Irreversível
9	Local	Alta	Negativo Indireto	Irreversível
10	Regional	Baixa	Negativo Direto	Irreversível
11	Regional	Média	Negativo Direto	Irreversível
12	Regional	Alta	Negativo Direto	Irreversível

Interpretação - Índice de Qualidade da Água (IQA)				
NSF (IGAM-MG)		CETESB		
Excelente	90 < IQA 100	80	IQA 100	Ótimo
Bom	70 < IQA 90	52	IQA < 80	Boa
Médio	50 < IQA 70	37	IQA < 52	Aceitável
Ruim	25 < IQA 50	20	IQA < 37	Ruim
Muito Ruim	0 < IQA 25	0	IQA < 20	Péssima

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

# Anexos

# ANEXO A – RESOLUÇÃO CONAMA 001/1986

## **RESOLUÇÃO CONAMA Nº 001, de 23 de janeiro de 1986**

Publicado no D. O . U de 17/2/86.

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - IBAMA, no uso das atribuições que lhe confere o artigo 48 do Decreto nº 88.351, de 1º de junho de 1983, para efetivo exercício das responsabilidades que lhe são atribuídas pelo artigo 18 do mesmo decreto, e Considerando a necessidade de se estabelecerem as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente, RESOLVE:

Artigo 1º - Para efeito desta Resolução, considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

- I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- II - as atividades sociais e econômicas;
- III - a biota;
- IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- V - a qualidade dos recursos ambientais.

Artigo 2º - Dependerá de elaboração de estudo de impacto ambiental e respectivo relatório de impacto ambiental - RIMA, a serem submetidos à aprovação do órgão estadual competente, e do IBAMA e In caráter supletivo, o licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente, tais como:

- I - Estradas de rodagem com duas ou mais faixas de rolamento;
- II - Ferrovias;
- III - Portos e terminais de minério, petróleo e produtos químicos;
- IV - Aeroportos, conforme definidos pelo inciso 1, artigo 48, do Decreto-Lei nº 32, de 18.11.66;
- V - Oleodutos, gasodutos, minerodutos, troncos coletores e emissários de esgotos sanitários;
- VI - Linhas de transmissão de energia elétrica, acima de 230KV;
- VII - Obras hidráulicas para exploração de recursos hídricos, tais como: barragem para fins hidrelétricos, acima de 10MW, de saneamento ou de irrigação, abertura de canais para navegação, drenagem e irrigação, retificação de cursos d'água, abertura de barras e embocaduras, transposição de bacias, diques;

- VIII - Extração de combustível fóssil (petróleo, xisto, carvão);
- IX - Extração de minério, inclusive os da classe II, definidas no Código de Mineração;
- X - Aterros sanitários, processamento e destino final de resíduos tóxicos ou perigosos;
- XI - Usinas de geração de eletricidade, qualquer que seja a fonte de energia primária, acima de 10MW;
- XII - Complexo e unidades industriais e agro-industriais (petroquímicos, siderúrgicos, cloroquímicos, destilarias de álcool, hulha, extração e cultivo de recursos hídricos);
- XIII - Distritos industriais e zonas estritamente industriais - ZEI;
- XIV - Exploração econômica de madeira ou de lenha, em áreas acima de 100 hectares ou menores, quando atingir áreas significativas em termos percentuais ou de importância do ponto de vista ambiental;
- XV - Projetos urbanísticos, acima de 100ha. ou em áreas consideradas de relevante interesse ambiental a critério da SEMA e dos órgãos municipais e estaduais competentes;
- XVI - Qualquer atividade que utilize carvão vegetal, em quantidade superior a dez toneladas por dia.

Artigo 3º - Dependerá de elaboração de estudo de impacto ambiental e respectivo RIMA, a serem submetidos à aprovação do IBAMA, o licenciamento de atividades que, por lei, seja de competência federal.

Artigo 4º - Os órgãos ambientais competentes e os órgãos setoriais do SISNAMA deverão compatibilizar os processos de licenciamento com as etapas de planejamento e implantação das atividades modificadoras do meio Ambiente, respeitados os critérios e diretrizes estabelecidos por esta Resolução e tendo por base a natureza o porte e as peculiaridades de cada atividade.

Artigo 5º - O estudo de impacto ambiental, além de atender à legislação, em especial os princípios e objetivos expressos na Lei de Política Nacional do Meio Ambiente, obedecerá às seguintes diretrizes gerais:

I - Contemplar todas as alternativas tecnológicas e de localização de projeto, confrontando-as com a hipótese de não execução do projeto;

II - Identificar e avaliar sistematicamente os impactos ambientais gerados nas fases de implantação e operação da atividade ;

III - Definir os limites da área geográfica a ser direta ou indiretamente afetada pelos impactos, denominada área de influência do projeto, considerando, em todos os casos, a bacia hidrográfica na qual se localiza;

IV - Considerar os planos e programas governamentais, propostos e em implantação na área de influência do projeto, e sua compatibilidade.

Parágrafo Único - Ao determinar a execução do estudo de impacto ambiental o órgão estadual competente, ou o IBAMA ou, quando couber, o Município, fixará as diretrizes adicionais que, pelas peculiaridades do projeto e características ambientais da área, forem julgadas necessárias, inclusive os prazos para conclusão e análise dos estudos.

Artigo 6º - O estudo de impacto ambiental desenvolverá, no mínimo, as seguintes

atividades técnicas:

I - Diagnóstico ambiental da área de influência do projeto completa descrição e análise dos recursos ambientais e suas interações, tal como existem, de modo a caracterizar a situação ambiental da área, antes da implantação do projeto, considerando:

a) o meio físico - o subsolo, as águas, o ar e o clima, destacando os recursos minerais, a topografia, os tipos e aptidões do solo, os corpos d'água, o regime hidrológico, as correntes marinhas, as correntes atmosféricas;

b) o meio biológico e os ecossistemas naturais - a fauna e a flora, destacando as espécies indicadoras da qualidade ambiental, de valor científico e econômico, raras e ameaçadas de extinção e as áreas de preservação permanente;

c) o meio sócio-econômico - o uso e ocupação do solo, os usos da água e a sócio-economia, destacando os sítios e monumentos arqueológicos, históricos e culturais da comunidade, as relações de dependência entre a sociedade local, os recursos ambientais e a potencial utilização futura desses recursos.

II - 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 médio e longo prazos, temporários e permanentes; seu grau de reversibilidade; suas propriedades cumulativas e sinérgicas; a distribuição dos ônus e benefícios sociais.

III - Definição das medidas mitigadoras dos impactos negativos, entre elas os equipamentos de controle e sistemas de tratamento de despejos, avaliando a eficiência de cada uma delas.

IV - Elaboração do programa de acompanhamento e monitoramento (os impactos positivos e negativos, indicando os fatores e parâmetros a serem considerados).

Parágrafo Único - Ao determinar a execução do estudo de impacto Ambiental o órgão estadual competente; ou o IBAMA ou quando couber, o Município fornecerá as instruções adicionais que se fizerem necessárias, pelas peculiaridades do projeto e características ambientais da área.

Artigo 7º - O estudo de impacto ambiental será realizado por equipe multidisciplinar habilitada, não dependente direta ou indiretamente do proponente do projeto e que será responsável tecnicamente pelos resultados apresentados.

Artigo 8º - Correrão por conta do proponente do projeto todas as despesas e custos referentes à realização do estudo de impacto ambiental, tais como: coleta e aquisição dos dados e informações, trabalhos e inspeções de campo, análises de laboratório, estudos técnicos e científicos e acompanhamento e monitoramento dos impactos, elaboração do RIMA e fornecimento de pelo menos 5 (cinco) cópias,

Artigo 9º - O relatório de impacto ambiental - RIMA refletirá as conclusões do estudo de impacto ambiental e conterá, no mínimo:

I - Os objetivos e justificativas do projeto, sua relação e compatibilidade com as políticas

setoriais, planos e programas governamentais;

II - A descrição do projeto e suas alternativas tecnológicas e locacionais, especificando para cada um deles, nas fases de construção e operação a área de influência, as matérias primas, e mão-de-obra, as fontes de energia, os processos e técnica operacionais, os prováveis efluentes, emissões, resíduos de energia, os empregos diretos e indiretos a serem gerados;

III - A síntese dos resultados dos estudos de diagnósticos ambiental da área de influência do projeto;

IV - A descrição dos prováveis impactos ambientais da implantação e operação da atividade, considerando o projeto, suas alternativas, os horizontes de tempo de incidência dos impactos e indicando os métodos, técnicas e critérios adotados para sua identificação, quantificação e interpretação;

V - A caracterização da qualidade ambiental futura da área de influência, comparando as diferentes situações da adoção do projeto e suas alternativas, bem como com a hipótese de sua não realização;

VI - A descrição do efeito esperado das medidas mitigadoras previstas em relação aos impactos negativos, mencionando aqueles que não puderam ser evitados, e o grau de alteração esperado;

VII - O programa de acompanhamento e monitoramento dos impactos;

VIII - Recomendação quanto à alternativa mais favorável (conclusões e comentários de ordem geral).

Parágrafo único - O RIMA deve ser apresentado de forma objetiva e adequada a sua compreensão. As informações devem ser traduzidas em linguagem acessível, ilustradas por mapas, cartas, quadros, gráficos e demais técnicas de comunicação visual, de modo que se possam entender as vantagens e desvantagens do projeto, bem como todas as conseqüências ambientais de sua implementação.

Artigo 10 - O órgão estadual competente, ou o IBAMA ou, quando couber, o Município terá um prazo para se manifestar de forma conclusiva sobre o RIMA apresentado.

Parágrafo único - O prazo a que se refere o caput deste artigo terá o seu termo inicial na data do recebimento pelo estadual competente ou pela SEMA do estudo do impacto ambiental e seu respectivo RIMA.

Artigo 11 - Respeitado o sigilo industrial, assim solicitando e demonstrando pelo interessado o RIMA será acessível ao público. Suas cópias permanecerão à disposição dos interessados, nos centros de documentação ou bibliotecas da SEMA e do estadual de controle ambiental correspondente, inclusive o período de análise técnica,

§ 1º - Os órgãos públicos que manifestarem interesse, ou tiverem relação direta com o projeto, receberão cópia do RIMA, para conhecimento e manifestação,

§ 2º - Ao determinar a execução do estudo de impacto ambiental e apresentação do RIMA, o estadual competente ou o IBAMA ou, quando couber o Município, determinará o prazo para recebimento dos comentários a serem feitos pelos órgãos públicos e demais interessados

e, sempre que julgar necessário, promoverá a realização de audiência pública para informação sobre o projeto e seus impactos ambientais e discussão do RIMA,

Artigo 12 - Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

Flávio Peixoto da Silveira

(Alterada pela Resolução nº 011/86)

(Vide item I - 3º da Resolução 005/87)

### **RESOLUÇÃO CONAMA Nº 001-A, de 23 de janeiro de 1986**

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA, no uso das atribuições que lhe confere o inciso II do artigo 7º do Decreto nº 88.351, de 1º de junho de 1983, alterado pelo Decreto nº 91.305, de 3 de junho de 1985, e o artigo 48 do mesmo diploma legal, e considerando o crescente número de cargas perigosas que circulam próximas a áreas densamente povoadas, de proteção de mananciais, reservatórios de água e de proteção do ambiente natural, bem como a necessidade de se obterem níveis adequados de segurança no seu transporte, para evitar a degradação ambiental e prejuízos à saúde, RESOLVE:

Art. 1º - Quando considerado conveniente pelos Estados, o transporte de produtos perigosos, em seus territórios, deverá ser efetuado mediante medidas essenciais complementares às estabelecidas pelo Decreto nº 88.821, de 6 de outubro de 1983.

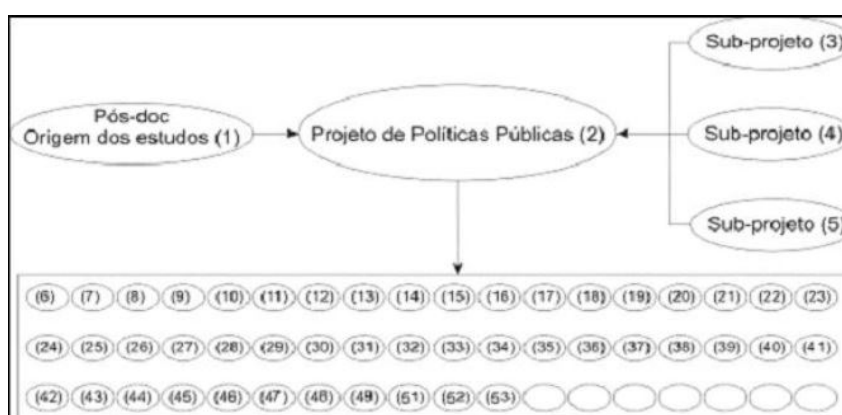
Art. 2º - Os órgãos estaduais de meio ambiente deverão ser comunicados pelo transportador de produtos perigosos, com a antecedência mínima de setenta e duas horas de sua efetivação, a fim de que sejam adotadas as providências cabíveis.

Art. 3º - Na hipótese de que trata o artigo 1º, o CONAMA recomendo aos órgãos estaduais de meio ambiente que definam em conjunto com os órgãos de trânsito, os cuidados especiais a serem adotados.

Art. 4º - A presente Resolução, entra em vigor na data de sua publicação.

# ANEXO B – ESTUDOS REALIZADOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DO FEIJÃO

Histórico dos estudos já realizados desde 1997 na bacia hidrográfica do Ribeirão do Feijão, com financiamento da FAPESP, CNPq e Fapemig.



( ) Artigos, Relatórios de Projetos, doutorados, dissertações, iniciações científicas com apoio da Fapesp, Fapemig, CNPq e Capes na forma de bolsas e auxílio financeiro utilizando São Carlos (SP) como área de estudo e demais trabalhos.

- (1) até (12) Já concluídos até 2007 durante a vigência do projeto.
- (13) até (35) Já concluídos e em andamento após a vigência do projeto em 2007.
- (36) até (53) Já concluídos e em andamento - trabalhos correlatos fora da cidade de São Carlos.

## TRABALHOS CONCLUÍDOS DURANTE A VIGÊNCIA DO PROJETO – ATÉ 2007.

(1) DUPAS, F. A. (2001). **Crescimento Urbano e suas Implicações Ambientais - Proposta de redirecionamento de cidades de médio porte utilizando as variáveis ambientais, sensoria-mento remoto e SIG: Estudo do caso de São Carlos, SP.** Relatório de pós-doutorado FAPESP, proc. n. 97/07066-2 e 97/07055-0. Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática – NEPA, IRN/UNIFEI. UFSCar, Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia Departamento de Engenharia Civil, 63 pg.

(2) TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M.; DUPAS, F. A.; SILVA-SOUZA, A. T.; SHIBATTA, O. A. (2007). **Uso atual e uso potencial do solo no município de São Carlos, SP – base do**



**planejamento urbano e rural.** Relatório final de projeto de pesquisa FAPESP de Políticas Públicas proc. 98/10924-3. Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática – NEPA, IRN/UNIFEI. Associação Instituto Internacional de Ecologia e Gerenciamento Ambiental, 95 pg.

(3) SUB-PROJETO (2007). **Diagnóstico e prognóstico da qualidade da água dos rios que compõe as bacias hidrográficas do município de São Carlos (SP) relacionados com uso e ocupação do solo,** Proc. 98/10924-3.

(4) SUB-PROJETO (2007). **Estudo do Índice de Integridade Biótica (IIB) da bacia hidrográfica do Ribeirão do Feijão,** Proc. 98/10924-3. Relatório de Pós doutoramento da SILVA-SOUZA, Ângela Teresa.

(5) SUB-PROJETO (2007). **Análise da influência do uso e ocupação do solo sobre os recursos hídricos da bacia hidrográfica do Ribeirão do Feijão,** Proc. 98/10924-3.

(6) MOLINA Jr., V. E. (2003). **Recursos Hídricos superficiais da área urbana e de expansão da cidade de São Carlos, SP - Estudo multitemporal.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Urbana - Universidade Federal de São Carlos, Fapesp. Co-Orientador:– processo n. 01/02562-9, 104 pg.

(7) POLI, M. N. (2004). **A geografia do espaço vivido: Análise do uso social do solo urbano - estudo de caso na cidade de São Carlos, SP.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Urbana - Universidade Federal de São Carlos, Fapesp. Co-Orientador:–.processo n. 01/08369-6, 229 pg.

(8) DUPAS, F. A.; SILVA e SOUZA, A. T.; TUNDISI, J. G.; TUNDISI-MATSUMURA, T.; ROHM, S. A. **Indicadores ambientais para planejamento e gestão de bacias hidrográficas.** In: José Galizia Tundisi; Matsumura-Tundisi, T.; Galli, C. S.(Org.). Eutrofização na América do Sul: causas, conseqüências e tecnologias para gerenciamento e controle - EUTROSUL. São Carlos: DMD, 2006, v., p. 491-506.

(9) SILVA e SOUZA, A. T.; SCHIBATTA, O. A.; TUNDISI, J. G.; TUNDISI-MATSUMURA, T.; DUPAS, F. A. **Parasitas de peixes como indicadores de estresse ambiental e eutrofização.** In: José Galizia Tundisi; Matsumura-Tundisi, T.; Galli, C.S.. (Org.). Eutrofização na América do Sul: causas, conseqüências e tecnologias para gerenciamento e controle - EUTROSUL. São Carlos: DMD, 2006, v. 1, p. 373-386.

(10) LUZ, S. R. **Análise da relação entre o uso de agrotóxicos, solo e água.** 2007. Relatório de bolsa de iniciação científica CNPq. Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática – NEPA, IRN - Universidade Federal de Itajubá.

(11) GANNAM, M. G. **Mapa de uso e ocupação do solo utilizando fotografias aéreas originadas de sensores e aeronave de baixo custo. estudo de caso da bacia do córrego Feijão em São Carlos, SP.** 2007. Relatório de bolsa de iniciação científica Fapemig. Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática – NEPA, IRN - Universidade Federal de Itajubá.

(12) ROSELLI, R. G. **Aplicação de metodologia para estudo da influência do uso e ocupação do solo sobre os recursos hídricos da bacia hidrográfica do alto Rio Sapucaí.** 2006. Relatório de bolsa de iniciação científica CNPq. Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática – NEPA, IRN - Universidade Federal de Itajubá.

### **TRABALHOS CONCLUÍDOS E EM ANDAMENTO APÓS A VIGÊNCIA DO PROJETO – 2007.**

(13) GUIMARÃES, M. W. O. (2008). **Estudo da relação entre as variáveis ambientais da bacia hidrográfica do Ribeirão do Feijão, São Carlos, SP.** Relatório de bolsa de iniciação científica CNPq. Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática – NEPA, IRN - Universidade Federal de Itajubá.

(14) AFONSO, G. F. (2008). **Integração de dados baseada em ontologia.** Dissertação de Mestrado em Computação. Dep. Computação, Universidade Federal de São Carlos.

(15) RODRIGUES, G. O. (2009). **Análise da acurácia temática de classificações de imagens orbitais AVNIR-2/ALOS, CCD/CBERS- 2 E TM/LANDSAT-5, comparando as abordagens de Máxima Verossimilhança e Fuzzy.** Dissertação Mestrado em Engenharia de Energia, Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática – NEPA, IRN - Universidade Federal de Itajubá, Capes.

(16) VIEIRA, A. M. (2009). **Estudo da relação entre as variáveis ambientais da bacia hidrográfica do Córrego do Feijão, São Carlos, SP.** Estruturação de banco de dados para ambiente de simulação. Projeto de Iniciação Científica PROBIC – FAPEMIG, Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática – NEPA, IRN - Universidade Federal de Itajubá. 16 pág.

(17) PEREIRA, P. R. G. (2010). **Utilização de técnicas de sensoriamento remoto para avaliação do nível de degradação ambiental na bacia do Ribeirão do Feijão, São Carlos, SP.** Relatório de bolsa de iniciação científica CNPq. Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática – NEPA, IRN - Universidade Federal de Itajubá.

(18) COSTA, C. W. (2010). **Expansão da mancha urbana e suas consequências sobre mananciais de São Carlos, SP.** Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Recursos Hídricos).

Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática – NEPA, IRN. Universidade Federal de Itajubá, Capes.

(19) VIANA, E. H. (2010). **Estruturação de Banco de Dados Físicos, Químicos, Biológicos e Geográficos da Bacia do Córrego Feijão em São Carlos-SP**. Relatório de bolsa de iniciação científica CNPq. Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática – NEPA, IRN - Universidade Federal de Itajubá.

(20) OLIVEIRA, J. A. (2011). **Análise da quantidade de sedimentos em bacia hidrográfica - Estudo do caso do caso do Ribeirão do Feijão em São Carlos, SP**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia). Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática – NEPA, IRN Universidade Federal de Itajubá.

(21) MACHADO, F. H. (2011). **Valoração econômica dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do Ribeirão do Feijão - São Carlos, SP**. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática – NEPA, IRN. Universidade Federal de Itajubá, Capes.

(22) CAVALCANTE, T. D. M. (2013). **Planejamento do uso do solo em bacias hidrográficas. Estudo do caso do Ribeirão do Feijão, São Carlos, SP**. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Recursos Hídricos) Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática – NEPA, IRN - Universidade Federal de Itajubá.

(23) CUNHA, R. C.; DUPAS, F. A.; TUNDISI, J. G. **Análise da influência das variáveis ambientais utilizando inferência fuzzy e zoneamento das vulnerabilidades: estudo de caso da bacia hidrográfica do Ribeirão do Feijão, São Carlos, SP**. 2011. Revista Geociências (UNESP. Impresso), v. 30, p. 399-414, 2011.

(24) YAGUINUMA, C. A., AFONSO, G. F., FERRAZ, V., BORGES, S., SANTOS, M. T. P. (2011). **A Fuzzy Ontology-Based Semantic Data Integration System**. Journal of Information and Knowledge Management, Vol. 10, No. 3, pg. 285-299. DOI: 10.1142/S0219649211002997.

(25) LUZ, F. G. F. (2012). **Avaliação do potencial dos dados da SRTM – Shuttle Radar Topography Mission – por meio da análise da estimativa da perda de solo para a bacia hidrográfica do Ribeirão do Feijão, São Carlos, SP**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia). Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática – NEPA, IRN. Universidade Federal de Itajubá, 86 p, Capes.

(26) CUNHA, R. C. da (2012). **Zoneamento ambiental em bacia hidrográfica utilizada como manancial urbano. Estudo do caso da bacia hidrográfica do Ribeirão do Feijão - São Carlos, SP**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia). Núcleo de Estudos Ambientais,

Planejamento Territorial e Geomática – NEPA, IRN. Universidade Federal de Itajubá, Capes.

(27) COSTA, C. W.; DUPAS, F.A.; PONS, N. A. D. **Regulamentos de uso e impactos ambientais: avaliação crítica do plano diretor participativo do município de São Carlos, SP.** Geociências, v.31, n.2, p.143-157, 2012.

(28) COSTA, C. W.; DUPAS, F. A.; CESPEDES, J. G.; SILVA, L. F. **Monitoramento da expansão urbana, cenários futuros de crescimento populacional e o consumo de recursos hídricos no município de São Carlos, SP.** Geociências, v.32, n.1, p.63-80, 2013.

(29) MACHADO, F. H; SILVA, L. F.; DUPAS, F. A; MATTEDI, A. P; VERGARA, F. E. Economic assessment of urban watersheds: developing mechanisms for environmental protection of the Feijão river, São Carlos - SP, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*. 74 (3), 2014.

(30) MACHADO, F. H.; MATTEDI; DUPAS, F. A.; SILVA, L. F.; VERGARA, F. E. **Estimating the opportunity costs of environmental conservation in the Feijão river watershed (São Carlos-SP, Brazil).** *Brazilian Journal of Biology* (no prelo), 2016.

(31) COSTA, C. W. ; DUPAS, F. A. ; LORANDI, R.; OLIVEIRA, E. Z. (2015) **Follow-up of environmental impacts upon water sources of São Carlos, Brazil.** 14 th Computers in urban planning and urban management, p. 156- 22,

(32) COSTA, C. W. ; LORANDI, R.; DUPAS, F. A. **Expansão urbana em áreas de mananciais e a legislação municipal: o caso de São Carlos, SP.** Congresso Novos direitos Cidade em crise? (Congresso).

(33) COSTA, C. W.; LORANDI, R.; DUPAS, F. A. (2015). **Legislação municipal e a proteção das áreas de recarga em mananciais urbanos: São Carlos, SP.** Congresso Novos direitos Cidades em crise? (Congresso).

(34) NEVES, J. A.; MATOS, J. C. S.; LUZ, F. G. F.; DUPAS, F. A. (2015) **Recuperação de áreas de preservação permanente com sistema agroflorestal.** Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas. (Congresso).

(35) NEVES, J. A. **Estudo de compensação ambiental na bacia hidrográfica Ribeirão do Feijão, SP.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia). Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática - NEPA, IRN. Universidade Federal de Itajubá, Capes.

## **TRABALHOS CORRELATOS FORA DA CIDADE DE SÃO CARLOS – CONCLUÍDOS E EM ANDAMENTO**

(36) OLIVEIRA, T. F. **Análise preliminar da influência do uso e ocupação do solo sobre os recursos hídricos da bacia hidrográfica do alto Rio Sapucaí, MG.** 2003. 37 f. Relatório de bolsa de iniciação científica Fapemig. Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática – NEPA, IRN - Universidade Federal de Itajubá.

(37) COSTA, I. G. D. D. (2006). **Análise da perda de solo através de SIG e sensoriamento remoto. Estudo do caso de Santa Rita do Sapucaí, MG.** Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática – NEPA, IRN. Trabalho de Conclusão de Curso, Fapemig - Universidade Federal de Itajubá.

(38) DUPAS, F. A. (2009). **Plano Diretor Participativo de Santa Rita do Sapucaí, MG.** Relatório final de projeto CNPq n. 060/2005 proc. n. 501840/2005-2. Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática NEPA - IRN –UNIFEI, maio, Volumes I de II, 243 pg.

(39) HONÓRIO, D. H. **Utilização da ferramenta Idrisi Taiga - módulo ETM na análise espacializada de tendências climáticas no Brasil.** 2009. Trabalho de Conclusão de Curso. Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática – NEPA, IRN - Universidade Federal de Itajubá.

(40) PEREIRA, J. C. (2010). **Aplicação do modelo hidrossedimentológico AVSWAT na bacia hidrográfica do Ribeirão Cachoeirinha, MG.** Dissertação de Mestrado em Meio Ambiente e Recursos Hídricos, IRN, Universidade Federal de Itajubá, 116 pg.

(41) PAES, F. S. (2010). **Áreas de Preservação Permanente em bacias hidrográficas e sua importância na prevenção da perda de solo por erosão.** Dissertação de Mestrado em Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática – NEPA, IRN, Universidade Federal de Itajubá, 60 pg.

(42) SPERANDELLI, D. I. (2010). **Dinâmica e análise do crescimento, dos vazios e das áreas verdes urbanas de Atibaia, SP.** Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática – NEPA, IRN. Universidade Federal de Itajubá.

(43) PAES, F. S.; DUPAS, F. A.; SILVA, F.; PEREIRA, J. C. D. **Espacialização da perda de solo nas bacias hidrográficas que compõem o município de Santa Rita do Sapucaí (MG).** Geociências (UNESP. Impresso), v. 29, p. 537-549, 2010.

(44) ABE, C. A. (2014) **Características do uso do solo de entorno e suas implicações em Unidade de Conservação. Estudo do Parque Nacional do Itatiaia, RJ.** Iniciação Científica. (Graduação em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Itajubá, Conselho Nacional de

Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

(45) TEIXEIRA, D. R. **Análise comparativa dos instrumentos de gestão em unidades de conservação visando a gestão socioambiental no Cone Sul.** Início: 2012. Tese (Doutorado em Meio Ambiente) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro. (Co-orientador). (em andamento).

(46) GARGALHIONI, Saulo Roberly; DUPAS, F. A. ; RODRIGUEZ-ARDILA, A. **Previsão dos impactos causados por poluição luminosa com ênfase sobre sítios de observação astronômica e síntese da proposta de legislação nacional.** HOLOS Environment (Online), v. 12, p. 27-40, 2012.

(47) SPERANDELLI, D. I. ; DUPAS, F. A. ; PONS, N. A. D. **Dynamics of urban sprawl, vacant land, and green spaces on the metropolitan fringe of São Paulo, Brazil.** Journal of Urban Planning and Development, 139(4): 274-279, 2013.

(48) ABE, C. A. (2014). **Comparação entre estimativa de perda de solo pela EUPS e a partir de medidas de turbidez em córregos de bacias hidrográficas na APA da Mantiqueira e proximidades.** Trabalho de Conclusão de Curso. Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática – NEPA (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Itajubá, CNPq.

(49) SIQUEIRA, F. B. **Análise comparativa dos instrumentos de gestão de áreas protegidas do Brasil e da Austrália.** Início: 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia). Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática – NEPA Universidade Federal de Itajubá. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CNPq. (Em andamento).

(50) DE SOUZA, F. L. **Análise e proposta de legislação para pagamento por serviços ambientais ou ecossistêmicos.** Início: 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia). Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática – NEPA Universidade Federal de Itajubá. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CNPq. (Em andamento).

(51) DA SILVA, H. J. **Estudo da estimativa da perda de solo em áreas de proteção ambiental da Serra da Mantiqueira.** Início: 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia). Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática – NEPA Universidade Federal de Itajubá. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CNPq. (Em andamento).

(52) BRANDÃO SILVA, L. K. **Desenvolvimento de ferramenta para otimização de estudos ambientais.** Início: 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia). Núcleo de Estudos

Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática – NEPA Universidade Federal de Itajubá. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CNPq. (Em andamento).

(53) COELHO, D. S. **Estudo das mudanças do uso e cobertura da terra em áreas protegidas da Serra da Mantiqueira e entorno no período de 1985 à 2015**. Início: 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia) - Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática – NEPA Universidade Federal de Itajubá, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CNPq. (Em andamento).