



# **ESTUDO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS – MEIO FÍSICO NA IMPLANTAÇÃO DE UM EMPREENDIMENTO RODIVIÁRIO EM ÁREA CÁRSTICA**

**Rachel Cristina Talin Ruas Cardoso**

**2023**

**Rachel Cristina Talin Ruas Cardoso**

**ESTUDO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS – MEIO FÍSICO NA  
IMPLANTAÇÃO DE UM EMPREENDIMENTO RODIVIÁRIO  
EM ÁREA CÁRSTICA**

Trabalho de Conclusão de curso –TCC – do curso de Engenharia Civil da Faculdade Minas Gerais – FAMIG, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel.

**Orientador:** Diego Jesus

**Linha de pesquisa:** Impactos Ambientais

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>4</b>
1.1 Problema de Pesquisa.....	5
1.2 Objetivo Geral .....	6
1.3 Objetivos Específicos.....	6
1.4 Justificativa .....	6
1.5 Fontes de pesquisa.....	7
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>8</b>
2.1 Proteção ao meio ambiente .....	8
2.1.1 O componente Ambiental.....	9
2.1.2 Caminhos de serviço.....	10
2.1.3 Desmatamentos e Limpeza do Terreno .....	10
2.1.4 Exploração de áreas de ocorrências materiais.....	12
2.1.6 Terraplenagem.....	13
2.1.7 Pavimentação .....	15
2.1.8 Drenagem .....	16
2.1.9 Canteiro de Obras .....	17
<b>3. IMPACTO AMBIENTAL.....</b>	<b>19</b>
<b>3.1 Estudos de Caso .....</b>	<b>20</b>
3.1.1 Trecho em Estudo .....	20
3.1.2 Avaliação de Impactos Ambientais - Metodologia.....	22
3.1.3 Impactos Ambientais da Área de Estudo.....	33
3.1.4 Descrição dos Impactos .....	35
<b>4. RESULTADOS OBTIDOS .....</b>	<b>40</b>
<b>5. CONCLUSÃO .....</b>	<b>42</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>44</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O sistema rodoviário é, no Brasil, o principal meio de transporte de pessoas e de cargas. A construção de novas rodovias ou a melhoria das existentes busca atender à crescente demanda por desenvolvimento econômico e social de uma dada região. Entretanto, este desenvolvimento conduz a inúmeros impactos sobre o meio ambiente (SILVA, 2008).

A implantação de uma rodovia, independentemente da natureza da intervenção e da fase de sua elaboração, provoca interferência no meio ambiente.

O presente trabalho apresenta o estudo de caso de uma avaliação de impactos ambientais (Meio Físico) na implantação de empreendimentos rodoviários em áreas cársticas. Nessa fase de obra é a que são gerados os maiores impactos ambientais. Vale ressaltar que para todo projeto de obras, é de fundamental importância que os impactos potenciais que a obra pode gerar, devem ser previstos em estudos preliminares EIA - Estudo de Impacto Ambiental e RIMA - Relatório de Impacto Ambiental –, com o intuito de se tentar evitá-los quando possível, ou quando não for possível, tentar minimizá-los. Ou ainda, quando seus impactos mesmo que minimizados causem alterações sobre o aspecto ambiental, cabe nestes estudos preliminares, o estabelecimento de medidas compensatórias para tais impactos. O Meio Físico abrange o clima, geologia, geomorfologia, solos, os recursos hídricos (hidrologia, hidrologia superficial), qualidade do ar e qualidade de ruído.

Áreas cársticas são áreas onde predomina o relevo cárstico ou carste (também conhecido por carso, Karst, cársico, sistema cárstico ou sistema cársico), com cavernas no entorno da área.

Por esta razão, a análise da viabilidade técnica de implantação de um empreendimento rodoviário deve incluir também a análise da sua viabilidade ambiental, por meio de estudos ambientais específicos e integradas, das alternativas locais e tecnológicas consideradas, apresentando medidas mitigadoras, compensatórias ou de controle ambiental em função dos impactos previstos (Bellia), de modo a causar o mínimo de impacto ambiental nas cavernas identificadas na área de influência da rodovia.

## **1.1 Problema de Pesquisa**

Este trabalho analisa os impactos ambientais provenientes das ações sobre um meio ambiente caracterizado como vulnerável, que são as cársticas (cavernas) de um empreendimento rodoviário.

## **1.2 Objetivo Geral**

Apresentar as fases de execução de uma obra rodoviária com a identificação dos principais impactos ambientais, com o estudo de caso de uma área , em área cársticas. Essas áreas têm uma importância significativa em vários aspectos, incluindo geologia, ecologia, história, cultura e até mesmo em atividades de lazer.

## **1.3 Objetivos Específicos**

- Detalhar os possíveis problemas ambientais ocasionados na fase de desmatamento e limpeza do terreno, terraplenagem, drenagem, pavimentação e instalação e desmobilização de canteiros de obra.
- Analisar a viabilidade ambiental na implantação do empreendimento em área com cárstica.
- Identificar os impactos ambientais, da implantação desse empreendimento
- Identificar as medidas mitigadoras.
- Contribuir para o acervo literário na área de estradas de rodagem para que possa ser utilizado como fonte de consulta.
- Analisar a viabilidade ambiental na implantação de estradas em áreas cársticas.

## **1.4 Justificativa**

De acordo com as Diretrizes básicas para elaboração de estudos e programas ambientais rodoviários do DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (2006), o empreendimento rodoviário se inclui entre as realizações da maior importância para o desenvolvimento socioeconômico, detendo acentuado poder indutor a tal desenvolvimento e se constituindo no principal elemento ou fator de integração socioeconômica entre localidades.

As estradas introduzem benefícios socioeconômicos, ao proporcionarem o incremento de comunicação e de transporte, constituindo-se em um indicador de desenvolvimento, acesso a mercados, centros urbanos etc.

A fase de implantação de um empreendimento rodoviário gera impactos ambientais. Mas se o empreendimento possui uma gestão ambiental para acompanhamento da obra esses impactos podem ser minimizados.

A construção de uma rodovia gera diversos impactos ambientais durante a fase de execução. Esses impactos podem variar dependendo do local, das práticas de construção e das medidas de mitigação adotadas

É importante ressaltar que a identificação de impactos ambientais e a definição de medidas mitigadoras na implantação de estradas em áreas cársticas, pois essas áreas desempenham papéis importantes na preservação da história, na conservação da biodiversidade e na oferta de oportunidades para lazer e pesquisa.

Com este trabalho tem a intenção de contribuir para a verificação dos principais impactos ambientais nas estradas, bem como atribuir comparativos com outras rodovias localizadas em áreas cársticas.

### **1.5 Fontes de pesquisa**

A pesquisa foi elaborada através de visita técnica em obras de execução de rodovia, apresentando os pontos de fragilidade ambiental na etapas de construção e partir de pesquisa de dados secundários de trabalhos elaborados para órgãos públicos (DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes e DER – Departamento de Estradas de Rodagem), que são os responsáveis pelas malhas rodoviárias federal e estadual, respectivamente, e que contratam os estudos e projetos de meio ambiente, dentre eles as avaliações de impactos ambientais em estradas que interferem em áreas de proteção ambiental.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Proteção ao meio ambiente**

O Sistema Rodoviário é, no Brasil, o principal meio de transporte de pessoas e de cargas. A construção de novas rodovias ou a melhoria das existentes busca atender à crescente demanda por desenvolvimento econômico e social de uma dada região. Entretanto, este desenvolvimento conduz a inúmeros impactos sobre o meio ambiente, SILVA (2008).

A exploração de materiais de construção (areia, solos, seixo, rocha) tem causado consideráveis perdas ao meio ambiente em consequência da lavra sem planejamento, ausência de recuperação das áreas, exploração em áreas com restrição ambiental, o que provoca a instalação de processos erosivos, assoreamento de cursos d'água e perda de solos agricultáveis.

A exploração dessas áreas costuma exigir o desmatamento e remoção do solo orgânico de extensas áreas, tornando-as inaptas a qualquer uso se não forem tomadas medidas visando sua recuperação. Normalmente, o espalhamento da camada vegetal (se reservada à época da remoção) e/ou plantio de mudas de árvores e arbustos podem reverter o processo de degradação. Deve-se registrar que os solos expostos pela exploração estão sujeitos à incidência direta das águas pluviais, tornando-se altamente suscetíveis à erosão e suas consequências. Por sua vez, as escavações para retirada do material criam lagos que, se não drenados, têm as mesmas consequências daqueles criados pelas caixas de empréstimo.(DNIT, 2015).

As seções transversais das ocorrências de material das escavações para empréstimos e bota-foras devem ser projetadas de modo que o terreno escavado restitua a conformação natural. Também deve-se detalhar suficientemente a localização e dimensões, com cotas de afastamento do eixo, comprimento, largura, profundidade, rampas e taludes, bem como os acabamentos destinados a facilitar a drenagem e evitar erosões. (DNIT, 2015).

O projeto deverá conter indicações, em caso de trechos implantados, do tratamento corretivo a ser dado aos bota-foras e caixas de empréstimos existentes. (DNIT, 2015).



De acordo com o Manual Rodoviário de Conservação, Monitoramento e Controle Ambientais do DNIT (2005) quando houver excesso de material de cortes e for impossível incorporá-los ao corpo dos aterros, mediante compensação de cortes e aterros, serão indicadas áreas para bota-foras, recomendando-se a devida compactação. Deverão estar localizadas, preferencialmente, em áreas situadas a jusante da rodovia. Para evitar que o escoamento das águas pluviais carregem o material depositado, causando assoreamentos, os taludes dos bota-foras deverão ser projetados com inclinação suficiente para evitar escorregamentos e com proteção de revestimento vegetal, inclusive nos bota-foras com material de 3a categoria, após conformação final, a fim de incorporá-los à paisagem local.

O material para aterros deve ser obtido, sempre que possível, por meio de alargamento dos cortes; caso não seja possível, procurar empréstimos fora da faixa de domínio. Em qualquer circunstância, ter em mente as consequências da localização destas caixas em futuros melhoramentos da rodovia. Nas situações em que forem utilizados empréstimos laterais (bota-dentro) indicar os cuidados especiais de drenagem das caixas de empréstimos, evitando o acúmulo de águas das chuvas que poderão originar o aparecimento de vetores nocivos.(Cardoso, 2010).

### **2.1.1 O componente Ambiental**

O Componente Ambiental da Engenharia Rodoviária consiste na identificação, definição e metodologia das atividades ambientais relativas aos Projetos de Engenharia Rodoviária, pertinentes às três fases da engenharia, quais sejam: planejamento, projeto básico e projeto executivo e atua em cada fase da engenharia sob dois aspectos distintos, estudos ambientais e propostas de medidas de proteção ambiental, seguindo-se ao detalhamento destas medidas para implantação, que se constitui o projeto ambiental, seja básico ou executivo.(DER-MG/2008).

De acordo com Manual do DER-MG/2008, no que diz respeito aos procedimentos, o Componente Ambiental possui as seguintes diretrizes:

- Realização dos estudos ambientais com o diagnóstico ambiental dos meios físico, biótico e antrópico;

- Identificação e avaliação dos impactos com a respectiva proposição de mitigação ou compensação ambiental serem gerados nas diversas fases do empreendimento, como no planejamento, implantação e operação.
- Elaboração do Projeto Ambiental, contemplando as medidas de recuperação com os quantitativos.

### **2.1.2 Caminhos de serviço**

Os caminhos de serviço são abertos para uso provisório durante as obras, seja para permitir uma operação mais eficiente das máquinas e equipamentos de construção, seja para garantir o acesso a áreas de exploração de materiais e insumos (água, areia, pedra etc.). A partir do momento em que os caminhos de serviço se tornam desnecessários, o único meio de evitar as perdas relacionadas é a recuperação das condições originais de todo e qualquer terreno afetado pela construção de caminhos de serviço, permitindo que as águas superficiais percorram seus projetos naturais, sem impedimentos ou captações que fiquem fora do controle dos responsáveis pela conservação da rodovia (Bellia, 1992). Os principais impactos ambientais, na abertura de caminhos de serviços são: perda de habitat, processos erosivos, alteração da qualidade das águas, aumento da emissão de ruídos, alteração da paisagem e emissão de material particulado. Para minimizar esses impactos ambientais, é fundamental realizar avaliações ambientais antes da abertura de caminhos de serviço, adotar práticas de construção sustentável, implementar medidas de conservação, como a revegetação de áreas afetadas

### **2.1.3 Desmatamentos e Limpeza do Terreno**

Desde a fase de projeto das rodovias deve existir uma preocupação muito grande com o desmatamento da faixa de domínio. O desmatamento deve ser amplo o suficiente para garantir a insolação da obra e restrito, ao mesmo tempo, às necessidades mínimas exigidas para as operações de construção e para a garantia da visibilidade dos motoristas (segurança do tráfego). À medida que a vegetação reduz a velocidade e o volume da água do escoamento superficial ("run-off", os prejuízos causados pelo desmatamento a partir daqueles critérios duvidosos são muitos, entre os quais se destacam):

- Expõe os solos e os taludes naturais à erosão, que podem evoluir facilmente a ravinamentos profundos, e extensos, afetando a rodovia e as propriedades vizinhas;
- Facilita o assoreamento e sobrecarrega os sistemas de drenagem, causando inundações nas entradas d'água e erosões nas saídas, frequentemente ameaçando o corpo estradal de colapso;
- Deixa-se de contar com um poderoso aliado na contenção de escorregamentos e quedas de pedras, tão comuns nos trechos mais acidentados de todas as estradas (DNIT,2005).

Na figura 1 apresentada a seguir é possível verificar um exemplo de desmatamento fora da área licenciada. Na hachura verde é o local que foi licenciado, já a hachura vermelha é o local que foi desmatado. Essa atividade irregular, ocasiona impactos na perda de biodiversidade, processos erosivos, alteração da qualidade das águas, alteração dos padrões de drenagem, alteração da paisagem e fragmentação de habitat. Para minimizar esses impactos, é importante que o desmatamento seja realizado somente nas áreas licenciadas e delimitadas para essa atividade. E deve ser estudadas alternativas para redução das áreas desmatadas. DER-MG, 2008



Figura 1: Área de desmatamento em desacordo com o projeto e o licenciamento ambiental. Fonte: Arquivo pessoal-2013.

## 2.1.4 Exploração de áreas de ocorrências materiais

A exploração de jazidas e pedreiras é uma parte fundamental dos projetos de pavimentação, pois fornece os materiais necessários, como agregados e rochas, para a construção de estradas e pavimentos. No entanto, essa atividade também pode ter impactos ambientais significativos e requer regulamentação e planejamento adequados. A exploração de área de ocorrência de materiais, ocasiona impactos na perda de biodiversidade, processos erosivos, alteração da qualidade das águas, alteração dos padrões de drenagem, alteração da paisagem e fragmentação de habitat e emissão de material particulado (Cardoso, 2010). É de fundamental importância a avaliação dessas áreas em termos ambientais, antes da realização dos ensaios de modo a evitar a escolha de áreas no projeto de pavimentação com restrições ambientais, conforme exemplos apresentados nas figuras 02 e 03 a seguir.



Figura 02: Pedreira indicada no projeto de pavimentação, com restrição ambiental de caverna na área a ser explorada. Fonte: arquivo pessoal/2012



Figura 03: Jazida indicada no projeto de pavimentação, com restrição ambiental com fragmento de Mata Atlântica preservado. Fonte: arquivo pessoal/2012



Figura 04 e 05: Área de jazida o sem a devida recuperação com processos erosivos. Fonte: arquivo pessoal/2012

### 2.1.6 Terraplenagem

O projeto de terraplenagem consiste numa das principais etapas de um projeto rodoviário e, durante a execução das obras é considerada a fase que causa maiores impactos ambientais no meio físico. Basicamente, a terraplenagem é subdivida em duas etapas, nas quais são definidos os volumes de escavação e destino do material. O material escavado será posteriormente utilizado para o acabamento da terraplenagem, execução dos aterros e, além disso, o material excedente, constituído por resíduos inertes, será transportado para os bota-foras. As obras de terraplenagem normalmente exigem o movimento de grandes volumes, gerando tráfego intenso de veículos pesados, onde a produtividade é associada à velocidade, modo comum de medir a recompensa pelo trabalho de operadores de máquinas e motoristas de caçambas (Bellia,1992 ).

#### - Empréstimos concentrados

Os empréstimos de terra, na fase de projeto, devem ser escolhidos de modo que a exploração tenha um custo reduzido de transporte, chegando-se ao extremo das construções projetadas pelo método do bota-dentro, onde os tratores escavam o terreno natural perpendicularmente ao eixo da futura rodovia, acumulando o material sobre a plataforma projetada, (Silva, 2008).

- Áreas de taludes de corte e aterro

Nos locais em que forem realizados cortes ou aterros, e formados taludes íngremes, deverão ser realizados de imediato a reconformação dos mesmos e o processo de plantio de sementes e gramíneas será feito conforme a instrução DNER-ES 341/97. A conformação de taludes deverá consistir nas atividades de acertos de acabamento na superfície e inclinação dos taludes, de maneira que estes estejam aptos a receber a cobertura vegetal a ser introduzida. Os taludes deverão apresentar conformação final como definido no Projeto de Engenharia (Silva, 2008).

- Bota-fora

De acordo com o Manual de Conservação Rodoviária do DNIT (2005), nos bota-foras são indicados os seguintes cuidados:

- Sempre que possível executar o bota-fora em alargamento de aterro;
- Remoção e estocagem de camada vegetal existente no local, para posterior reaproveitamento;
- Execução de bota-fora, com camadas com espessura máxima de 20cm, compactadas;
- Conformação dos taludes do bota-fora, evitando-se arestas vivas e adotando-se taludes suaves;
- Reposição da camada vegetal estocada, sobre o bota-fora. No caso de bota-fora de solo mole sua destinação deverá ser cuidadosa. Assim sendo, todo solo mole a ser retirado será depositado como camada de fundo nas caixas de empréstimos laterais e a seguir as mesmas serão revegetada.

Os impactos ambientais da atividade de terraplenagem são semelhantes da exploração de áreas de ocorrências de materiais, como: perda de biodiversidade, processos erosivos, alteração da qualidade das águas, alteração dos padrões de drenagem, alteração da paisagem e fragmentação de habitat e emissão de material particulado. A seguir são apresentados problemas executivos que são transformados em impactos ambientais. (DER-MG, 2008 )



Figura 06: Área de empréstimo com deficiência na conformação topográfica com direcionamento adequado das águas e insuficiência de cobertura vegetal, com desenvolvimento de processos erosivos com perda de solo e carreamento de sedimentos para áreas a jusante. Fonte: arquivo pessoal/2012



Figura 07: Formação de taludes acentuados com consequente intensificação de processos erosivos durante o período chuvoso, com ravinamento de taludes e carreamento de sedimentos para áreas a jusante. Fonte: arquivo pessoal/2012



Figura 08: Talude de aterro sem a devida conformação topográfica e revegetação, favorecendo o desenvolvimento de processos erosivos e carreamento de material para curso d'água. Fonte: arquivo pessoal/2012



Figura 09: Ausência ou insuficiência de dispositivo de drenagem de proteção de corte adequada para o tipo de material existente no local, com ravinamento e escorregamento do talude de corte. Fonte: arquivo pessoal/2012

### 2.1.7 Pavimentação

O projeto de pavimentação, tem a finalidade de proporcionar uma superfície de rolamento suave ao deslocamento dos veículos e, ao mesmo tempo, suportar as suas

cargas, sem se deformar o pavimento. O projeto define quais as camadas constituintes, os materiais componentes, as espessuras, as fontes de obtenção, as condições de execução, geométricas e tecnológicas, as quantidades a executar, as notas de serviço. Os impactos dessas atividades são os mesmos das atividades de extração de materiais. Um ponto importante na pavimentação é a utilização de materiais menos espesso, de menor consumo de rocha, porém de maior rigidez ou de menor período de projeto (exigindo daí recapeamentos mais frequentes), ou ainda optar por pavimentos estruturalmente mais resistentes, espaçando as restaurações.(DER-PR,2000).



Figura 10: Carreamento de materiais utilizados no assentamento de bloquetes para curso d'água. Fonte: arquivo pessoal/2012



Figura 11: Carreamento de areia utilizada para assentamento de bloquetes para sistema de drenagem pluvial com deságue em curso d'água. Fonte: arquivo pessoal/2012

### 2.1.8 Drenagem

A drenagem para empreendimentos rodoviários é essencial para garantir a segurança e a durabilidade das estradas, bem como para minimizar impactos ambientais negativos. Um projeto de drenagem para rodovias deve levar em consideração uma série de requisitos ambientais para garantir a sustentabilidade e a minimização de impactos ambientais negativos. A drenagem em rodovias envolve a gestão tanto da drenagem superficial quanto da drenagem profunda para garantir a integridade da estrada e a segurança dos usuários (DER-PR,2000). Os principais impactos ambientais que podem ocorrer durante a implantação de drenagem em uma rodovia:



processos erosivos, alteração da qualidade da água, perda de habitat, inundações e alagamentos. Para mitigar esses impactos ambientais, é fundamental adotar práticas de construção sustentável e seguir medidas de controle de erosão e sedimentação.



Figura 12: Obstrução de talvegues com material de segunda e terceira categoria, com carreamento de sedimentos e assoreamento de campo rupestre e cursos d'água a jusante de drenagens. Fonte: arquivo pessoal/2012



Figura 13: Direcionamento das águas pluviais para ravina existente, favorecendo o desenvolvimento de processos erosivos de grande magnitude. Fonte: arquivo pessoal/2012

### 2.1.9 Canteiro de Obras

Os canteiros de obras são áreas designadas especificamente para a execução de todas as atividades de construção e montagem necessárias para a implantação de uma rodovia. Eles são locais cruciais para o sucesso do projeto e desempenham um papel importante na organização e no controle das operações de construção. A criação de um canteiro de obras bem planejado e organizado é fundamental para o sucesso da implantação de uma rodovia. Isso ajuda a garantir a eficiência das operações de construção, a segurança dos trabalhadores e a minimização de impactos ambientais. Além disso, a conformidade com regulamentos locais e ambientais é essencial para evitar problemas legais e ambientais durante a construção da rodovia. (DER-PR, 2000) Os principais impactos ambientais, na abertura de caminhos de serviços são: perda de habitat, processos erosivos, alteração da qualidade das águas, aumento da emissão de ruídos, alteração da paisagem e emissão de material particulado.



Figura 13: Contaminação do solo, pelo depósito de material contaminado em local inadequado. Fonte: arquivo pessoal/2023



Figura 14: Contaminação de água, pelo lançamento de resíduos em curso d'água. Fonte: arquivo pessoal/2014

### **3. IMPACTO AMBIENTAL**

Impactos ambientais sobre os empreendimentos rodoviários são entendidos 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.” (Resolução CONAMA 01/86).

Os recursos ambientais são definidos na Lei Federal nº 6.938/81 como "a atmosfera, as águas interiores, superficiais e subterrâneas, os estuários, o mar territorial, o solo, o subsolo e os elementos da biosfera".

Entende-se como impacto as reações da natureza perante a introdução de elementos estranhos no ecossistema considerado, resultando em modificações na estrutura ambiental preexistente. Os impactos, como consequência, podem ser positivos ou negativos, e seu somatório final pode gerar, também, resultados positivos ou negativos (FOGLIATTI,2004).

Há medidas que possibilitam prever, razoavelmente, tanto qualitativa como quantitativamente, as reações que advirão da introdução de um elemento, como a implantação de uma rodovia, com isso, será possível estabelecer, também, uma série de regras e ações paralelas para a implantação do empreendimento, capazes de mitigar os resultados negativos e potencializar os positivos (FOGLIATTI,2004).

O conjunto de regras e ações, estabelecidas por um adequado gerenciamento, tem como objetivo viabilizar o empreendimento, sob o ponto de vista ambiental, á medida que permite atingir as metas de mudanças da qualidade ecológica original. Tal conceito de gerenciamento ambiental se dirige á obtenção do desenvolvimento auto sustentado que é, basicamente, conservacionista (uso sustentado, por várias gerações, de recursos naturais) e não, apenas, preservacionista (tem base do conservacionismo, porém, é mais limitada no espaço e tem objetivos claros: preservação de espécies, de ecossistemas únicos, bancos genéticos, etc.) (FOGLIATTI,2004).

### 3.1 Estudos de Caso

#### 3.1.1 Trecho em Estudo

O empreendimento em estudo compreende, portanto: a implantação do contorno de Matozinhos, entre as estacas 0 a 654+9,92 (13,2 km).

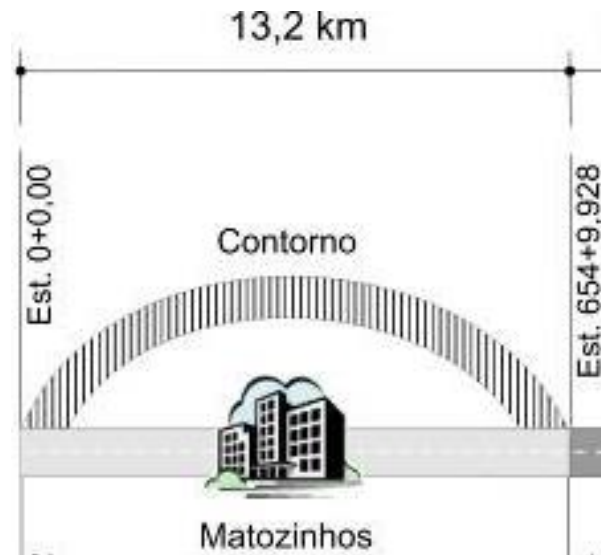


Figura 15: Esboço do trecho em estudo. Fonte: arquivo pessoa/2023

O traçado da MG-424 neste segmento será modificado com a implantação do contorno de Matozinhos, em pista simples. O contorno de Matozinhos possui extensão de 13,2 km. Inicia-se junto à correia transportadora da Ciminás e retorna ao leito atual nas proximidades da mineração Ical.



Figura 16 – Contorno de Matozinhos. Fonte: Google Earth, data da imagem 05/01//23

A região do empreendimento ao norte de Belo Horizonte, compreende uma das áreas mais características do relevo de carste no Brasil. A construção de rodovias em áreas cársticas, como no estudo caso, requer cuidado e atenção principalmente nos pontos onde a circulação de água cárstica está mais superficial e junto às áreas com potencial espeleológico importante. Na figura abaixo é possível verificar as cavernas localizadas próximas a área em estudo.



Figura 17 – Localização das cavernas. Fonte: Google Earth, data da imagem 05/01//23

### 3.1.2 Avaliação de Impactos Ambientais - Metodologia

A metodologia adotada fundamenta-se em três conceitos básicos, definidos em instrumentos legais federais e reproduzidos, na íntegra ou com adequações, em leis estaduais, sempre guardados os mesmos princípios.

São considerados os conceitos de “meio ambiente”, “impacto ambiental” e “recursos ambientais”.

A lei federal n. 6.938/81, em seu artigo 3º, define *meio ambiente* como "*o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas*".

O conceito de *impacto ambiental* consta da Resolução Conama n. 01/86, que estabelece as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para a avaliação ambiental, nos seguintes termos: "*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, afetem:*

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

Os *recursos ambientais* são também definidos na lei federal n. 6.938/81 como "*a atmosfera, as águas interiores, superficiais e subterrâneas, os estuários, o mar territorial, o solo, o subsolo e os elementos da biosfera*".

A metodologia considera também as diretrizes da Resolução Conama n. 01/86 referentes à avaliação de impactos que constam do inciso II do seu Artigo 6º.

Considerados os conceitos e diretrizes expostas, é desenvolvida a avaliação dos impactos ambientais potenciais do empreendimento, em cinco etapas: identificação, qualificação, classificação, modificação e significância final.

Considerados os conceitos e diretrizes expostas a avaliação dos impactos ambientais (AIA) de um dado projeto se faz em três etapas: identificação, qualificação e classificação.

O fluxograma apresentado a seguir esquematiza a metodologia da AIA.

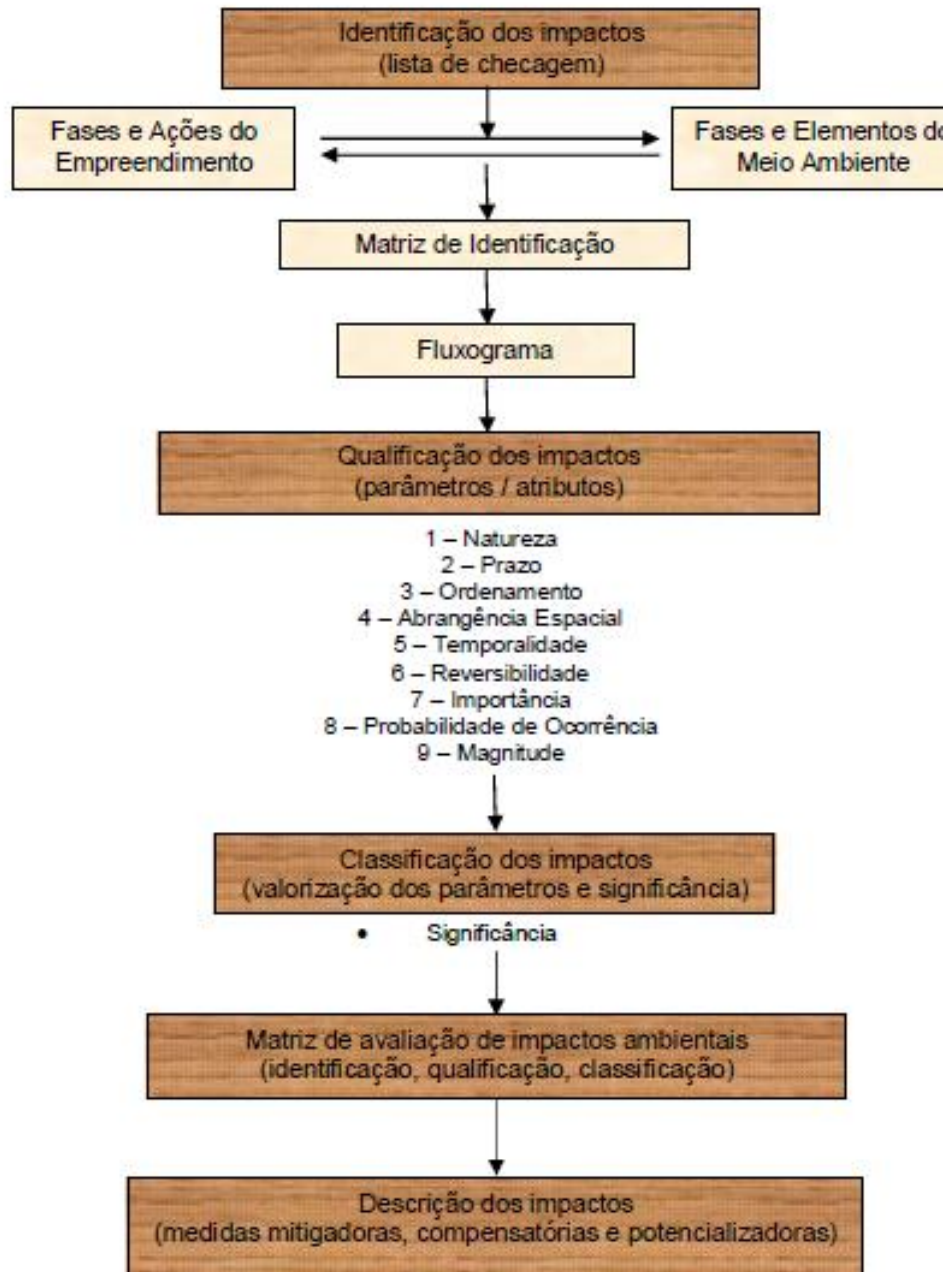


Figura 18 – Fluxograma da avaliação de impactos ambientais. Fonte: Arquivo pessoal/2023

## A) 1ª ETAPA DA AIA: IDENTIFICAÇÃO DOS IMPACTOS

A identificação dos impactos ambientais resulta de uma análise de causa e efeito, onde o empreendimento ou ação humana é a causa e o espaço geográfico delimitado como sua área de influência consiste na parcela do meio ambiente que sofre os efeitos das intervenções.

A identificação dos impactos ambientais pressupõe o conhecimento dos aspectos do empreendimento que irão interagir com o meio ambiente e, por outro lado, conhecer as características, condições e dinâmica da parcela do meio ambiente que irá receber a ação. No quadro 01 abaixo são apresentadas as ações e fase do empreendimento passíveis de impactos ambientais.

QUADRO 1 - AÇÕES DA FASE DO OPERAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

FASE DE CONSTRUÇÃO
<p>Consideram-se nesta fase as ações de implantação do projeto. Fazem parte da lista de checagem as seguintes ações:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>-desobstrução da faixa de domínio/implantação da obra<ul style="list-style-type: none"><li>. desapropriação de terrenos e benfeitorias</li><li>. relocação de população</li><li>. contratação de mão-de-obra</li><li>. implantação de canteiros de obra</li><li>. abertura de caminhos de serviços</li></ul></li><li>-terraplenagem/pavimentação<ul style="list-style-type: none"><li>. desmatamento, destocamento e limpeza da faixa de domínio</li><li>. execução de cortes e aterros</li><li>. utilização de bota-foras</li><li>. abertura/utilização de áreas de empréstimo</li><li>. utilização de areais, cascalheiras, pedreiras</li><li>. utilização de fontes de água</li><li>. movimentação de máquinas e veículos</li><li>. utilização de explosivos nas pedreiras</li><li>. preparação da rodovia (regularização do subleito, estabilização granulométrica, execução da sub-base, base, etc.)</li><li>. instalação de usina de asfalto</li><li>. imprimação</li><li>. pintura de ligação</li><li>. tratamento superficial duplo (TSD) na pista de rolamento</li></ul></li></ul>



## FASE DE CONSTRUÇÃO

- tratamento superficial simples (TSS) nos acostamentos
- drenagem
  - implantação da drenagem superficial
    - meios-fios
    - sarjetas
    - valetas
    - valetões de corte
    - corta rios
    - saída d'água
    - descidas d'água
    - dissipadores de energia
    - bacias de amortecimento
    - bueiros de greide
    - caixas coletoras
  - implantação de drenagem profunda
    - drenos
    - camadas drenantes
    - valetões laterais
  - implantação de obras-de-arte correntes
    - bueiros de seção circular
  - implantação de obras-de-arte especiais
    - bueiros celulares
    - pontilhões
    - pontes
    - viadutos
- sinalização
  - implantação da sinalização horizontal
    - faixas
    - marcas no pavimento
    - tachas refletivas
  - implantação da sinalização vertical
    - balizadores
    - marcos quilométricos
    - placas
    - pórticos
    - semáforos
- obras complementares
  - cercas
  - defensas
- obras em passagens urbanas
  - vias laterais
  - passarelas
  - quebra-molas
  - sonorizadores
  - controle de velocidade eletrônico

## FASE DE CONSTRUÇÃO

- desativação da obra
  - . dispensa de pessoal
  - . desmobilização e canteiro de obra
  - . desmobilização de caminhos de serviço, áreas de obtenção de material e fontes de água, áreas de empréstimo.

## QUADRO 2 - FATORES E ELEMENTOS DO MEIO AMBIENTE DO MEIO FÍSICO

### MEIO FÍSICO

- Ar
  - . qualidade do ar
- Ruído
  - . nível de ruído
  - . vibrações sonoras
- Geologia/geomorfologia
  - . relevo
  - . recursos minerais
  - . formações superficiais
  - . condições geotécnicas
  - . estabilidade de taludes
  - . potencial erosivo
  - . escoamento superficial
- Solos
  - . aptidão agrícola
  - . características dos solos
- Recursos hídricos
  - . qualidade das águas superficiais e subterrâneas
  - . dinâmica dos cursos d'águas superficiais (vazão, fluxos, comportamento hidráulico, etc.)
  - . dinâmica das águas subterrâneas (dos aquíferos)

### B) 2ª ETAPA DA AIA: QUALIFICAÇÃO DOS IMPACTOS

Esta etapa da avaliação tem como objetivo qualificar os impactos identificados quanto às suas características de interação com o meio ambiente.

Para tanto, estão determinados parâmetros segundo os quais cada impacto é analisado assumindo uma qualificação. Ressalta-se que a qualidade atribuída ao

impacto é “absoluta” ou restrita ao mesmo, pois não leva em conta o conjunto dos impactos e a comparação entre eles.

Os parâmetros adotados para a qualificação dos impactos do empreendimento são indicativos da natureza, prazo, ordenamento, abrangência espacial, temporalidade, reversibilidade, importância, probabilidade de ocorrências e magnitude, assim conceituados:

- *Natureza*: refere-se à melhoria ou deterioração da qualidade do meio ambiente, considerada sua condição atual. São os *impactos positivos ou negativos*. Para alguns impactos, esses atributos (positivo e negativo) não se aplicam, pois as informações disponíveis no momento são insuficientes para avaliá-los.
- *Prazo*: momento do início do impacto em qualquer das três fases do empreendimento. Podem ocorrer impactos *imediatos, de médio e de longo prazos*.
- *Ordenamento*: refere-se à condição do impacto resultar diretamente de uma ação do empreendimento (*1ª ordem ou direto*) ou se originar de um impacto já desencadeado pelo empreendimento (*2ª, 3ª, (...) ordem ou indireto*).
- *Abrangência espacial (ou extensão)*: refere-se à posição do impacto no espaço geográfico. Quando os impactos ocorrem na área de influência delimitada para o empreendimento são os *impactos locais (ADA) e regionais (AID e AII)*. Quando o empreendimento afeta um componente ambiental fora da AII, têm-se os *impactos estratégicos*.
- *Temporalidade (ou duração)*: refere-se à condição de permanência do impacto ou modificação ambiental, ocorrendo *impactos temporários, permanentes e cíclicos*.
- *Reversibilidade*: refere-se à capacidade de adaptação dos elementos ou processos do meio ambiente face a uma ação do empreendimento. Nesse caso, a modificação ambiental imposta por uma ação do empreendimento pode ser naturalmente equacionada ou revertida no local de ocorrência do impacto ou em outro local, sem prejuízo das condições e da dinâmica global do meio ambiente. O conceito remete a idéia de uma "compensação natural" da modificação ocorrida. Podem ser impactos *reversíveis ou irreversíveis*.
- *Importância (ou relevância)*: refere-se à condição do impacto poder ser relativizado, considerando-se a característica específica do fator ou elemento do meio ambiente

afetado no contexto ambiental da área de influência do empreendimento. Sob esse aspecto, o impacto terá maior importância quando o fator ou elemento impactado for muito representativo quantitativamente ou por sua qualidade (elementos raros, endêmicos, sem similar, de grande importância para a comunidade), e menor importância, na situação inversa. Podem ocorrer impactos de *importância baixa, média ou alta*.

- *Probabilidade de ocorrência (ou potencial de ocorrência)*: refere-se à probabilidade real de ocorrência do impacto ambiental ou seu potencial de ocorrência. Podem ocorrer impactos de *baixa, alta e inerente* probabilidade de ocorrência. O impacto de probabilidade inerente é aquele que faz parte do tipo de empreendimento e ocorrerá de qualquer maneira.
- *Magnitude (ou intensidade)*: refere-se à força ou intensidade de interferência do impacto ambiental, ou seja, seu potencial de causar modificações nos elementos ou processos do meio ambiente. A magnitude desta interferência poderá ser *baixa, média e alta*.

-

### C) 3ª ETAPA DA AIA: CLASSIFICAÇÃO DOS IMPACTOS

A classificação dos impactos é subdividida em três etapas:

- definição da significância inicial;
- definição da possibilidade de modificação do impacto com controle ambiental;
- definição da significância final.

- *Definição da Significância Inicial*

Após a qualificação de cada impacto potencial é feita a sua classificação, com o objetivo de atingir *uma escala de significância* através da atribuição de valores aos mesmos visando subsidiar a análise da viabilidade do empreendimento.

Também nesta etapa de classificação, os impactos são considerados individualmente, sendo atribuída significância por suas qualidades absolutas e não os comparando.

No quadro 3, estão sintetizados os parâmetros de qualificação dos impactos e seus respectivos atributos, onde cada um deles recebe valores de 1, 5 ou 10, com exceção dos atributos dos parâmetros 1 a 4.

Ao parâmetro 1 "Natureza", não é atribuído valor, pois seus atributos "positivo" e "negativo" subdividem os impactos em dois grupos específicos em termos das modificações ambientais, um melhorando a qualidade do meio ambiente e outro gerando degradações, bem como em termos do controle a ser indicado: para os impactos positivos, medidas potencializadoras e para os negativos, medidas mitigadoras. Esses dois grupos dos impactos serão avaliados segundo os demais parâmetros.

Os atributos dos parâmetros 2, 3 e 4, respectivamente, "Prazo", "Ordenamento" e "Abrangência Espacial" não recebem valores porque se trata de atributos que não possuem uma escala de valoração, ou seja, todos são significativos individualmente e o valor de um atributo não é maior do que outro.

QUADRO 3 - PARÂMETROS E ATRIBUTOS PARA CLASSIFICAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS

PARÂMETROS	ATRIBUTOS	VALOR
1-Natureza	<u>Positivo (P)</u> – causa melhoria da qualidade ambiental.	-
	<u>Negativo (N)</u> - piora ou deteriora a qualidade ambiental.	-
2-Prazo	<u>Imediato (Im)</u> - inicia juntamente com a ação geradora de qualquer fase do empreendimento	
	<u>Médio prazo (Mp)</u> – inicia em qualquer fase do empreendimento algum tempo após a ação geradora, em período de até um ano.	-
	<u>Longo prazo (Lp)</u> – inicia em qualquer fase do empreendimento algum tempo após a ação geradora, após um ano desta ocorrer.	-
3-Ordenamento	<u>Direto (D)</u> - resulta de uma relação de causa e efeito, onde um aspecto do empreendimento é a causa.	
	<u>Indireto (I)</u> - resulta de uma relação de causa e efeito onde um impacto do empreendimento é a causa.	-
4-Abrangência Espacial	<u>Local (L)</u> - ocorre na área diretamente afetada pelo empreendimento e seu entorno imediato.	-
	<u>Regional (R)</u> - ocorre nas áreas de influência direta e indireta	-
	<u>Estratégico (E)</u> – ocorre fora da área de influência indireta do empreendimento	-
5-Temporalidade	<u>Temporário (T)</u> – permanece por um tempo determinado.	1
	<u>Cíclico (C)</u> - ocorre em determinados períodos, constantes ou não ao longo do tempo (períodos cíclicos ou descontínuos).	5

PARÂMETROS	ATRIBUTOS	VALOR
	<u>Permanente (Pe)</u> – ocorrida a modificação ambiental esta não deixa de se manifestar num horizonte de tempo assimilável pelo homem (prazo indeterminado).	10
6- Reversibilidade	<u>Reversível (Re)</u> - cessada a ação, o ambiente volta a suas condições anteriores (naturalmente).	1
	<u>Irreversível (Ir)</u> – cessada a ação, o ambiente não retorna naturalmente às suas condições originais num horizonte de tempo assimilável pelo homem.	10
7-Importância (ou relevância)	<u>Baixa (Ib)</u> : quando o impacto (ou modificação ambiental) afeta fator ou elemento ambiental de pequena relevância quantitativa ou qualitativa no contexto do meio ambiente da área de influência do empreendimento.	1
	<u>Média (Im)</u> : quando o impacto (ou modificação ambiental) afeta fator ou elemento ambiental de média relevância quantitativa ou qualitativa no contexto do meio ambiente da área de influência do empreendimento.	5
	<u>Alta (Ia)</u> : quando o impacto (ou modificação ambiental) afeta fator ou elemento ambiental de grande relevância quantitativa ou qualitativa no contexto do meio ambiente da área de influência do empreendimento.	10
8- Probabilidade de Ocorrência	<u>Baixa (Pb)</u> : quando o impacto tem pouca probabilidade de ocorrência.	1
	<u>Média (Pm)</u> : quando o impacto tem uma probabilidade razoável de ocorrência.	5
	<u>Inerente (In)</u> : O impacto de probabilidade inerente é aquele que está inerente ao tipo de empreendimento e ocorrerá de qualquer maneira.	10
9-Magnitude	<u>Baixa (Mb)</u> : quando a intensidade de interferência do impacto é baixa.	1
	<u>Média (Mm)</u> : quando a intensidade de interferência do impacto é média.	5
	<u>Alta (Ma)</u> : quando a intensidade de interferência do impacto é alta.	10

A valoração do impacto é obtida pelo somatório dos valores apontados para os parâmetros de qualificação 5 a 9 de cada impacto. Após obter o valor final do somatório, verifica-se em que faixa de significância a classificação do impacto está enquadrada, Quadro 4. Os índices foram quantificados através de metodologia em estudos ambientais, conforme pode ser observado no quadro 4.

QUADRO 4 – SIGNIFICÂNCIA INICIAL DOS IMPACTOS

FAIXA	SIGNIFICÂNCIA INICIAL (S)	SIGLA	
		IMPACTO POSITIVO	IMPACTO NEGATIVO
05 a 20	Impacto de baixa significância	PB	NB
21 a 35	Impacto de média significância	PM	NM
36 a 50	Impacto de alta significância	PA	NA

Fonte: Enecon,2014

- *Definição da Possibilidade de Modificação do Impacto com Controle Ambiental*

A segunda etapa da classificação é a indicação da possibilidade de modificação dos impactos com o controle ambiental. São consideradas quatro alternativas, sendo as três primeiras para os impactos negativos e a quarta para os positivos.

QUADRO 5 - POSSIBILIDADES DE MODIFICAÇÃO DO IMPACTO COM CONTROLE AMBIENTAL

TIPOLOGIAS DE MODIFICAÇÃO DO IMPACTO COM CONTROLE AMBIENTAL	
IMPACTOS NEGATIVOS	IMPACTOS POSITIVOS
- <u>Reverte (Rv)</u> : quando uma ação de controle pode reverter o impacto, fazendo com que o fator ou elemento ambiental impactado retorne a sua condição anterior à ação do empreendimento.	- <u>Potencializa (Po)</u> : quando a ação de controle amplia o impacto ambiental positivo
- <u>Paralisa/Minimiza (Pa)</u> : quando uma ação de controle paralisa a modificação do meio ambiente ou a minimiza, reduzindo a deterioração ambiental.	
- <u>Não modifica (Nm)</u> : quando não existe possibilidade de intervir no impacto (ou modificação) ambiental. Para esses impactos devem ser previstas medidas compensatórias.	

Fonte: Enecon,2014

- *Definição da Significância Final*

A significância final do impacto é obtida através da combinação da “significância inicial” com a “possibilidade de modificação” conforme apresentado no quadro 6, referente aos impactos negativos e quadro 7, referente aos impactos positivos.

QUADRO 6 - SIGNIFICÂNCIA FINAL DOS IMPACTOS NEGATIVOS

CLASSIFICAÇÃO		MODIFICAÇÃO			SIGNIFICÂNCIA FINAL
SIGNIFICÂNCIA (S)	SIGLA	Rv	Pa	Nm	
Impacto de baixa significância	NB	x			NB-
			x		NB-
				x	NB+
Impacto de média significância	NM	x			NM-
			x		NM-
				x	NM+
Impacto de alta significância	NA	x			NA-
			x		NA-
				x	NA+

Fonte: Enecon,2014

No grupo dos impactos negativos, os mais significativos são aqueles não passíveis de modificação por medidas de controle (NB+, NM+, NA+).

QUADRO 7- SIGNIFICÂNCIA FINAL DOS IMPACTOS POSITIVOS

CLASSIFICAÇÃO		MODIFICAÇÃO	SIGNIFICÂNCIA FINAL
SIGNIFICÂNCIA (S)	SIGLA	Po	
Impacto de baixa significância	PB	x	PB+
			PB-
Impacto de média significância	PM	x	PM+
			PM-
Impacto de alta significância	PA	x	PA+
			PA-

Fonte: Enecon,2014

No grupo dos impactos positivos, são mais significativos aqueles que podem ter seus benefícios ampliados com medidas de controle (PB+, PM+, PA+).



### 3.1.3 Impactos Ambientais da Área de Estudo

A seguir é apresentada a lista dos impactos identificados potenciais na implantação do contorno de Matozinhos, no aspecto do Meio Físico e a planilha com a avaliação dos impactos.

FASE DE CONSTRUÇÃO
MEIO FÍSICO
Perturbação Sonora
Propagação de vibrações
Alteração da qualidade do Ar
Geração de abatimentos cársticos
Obstrução de condutos e áreas de recarga de aquífero
Interferências em recursos hídricos do sistema cárstico
Degradação da qualidade das águas

---

QUADRO 8 –MATRIZ DE AVALIAÇÃO DE IMPACTOS POTENCIAIS – MEIO FÍSICO

Impactos Potenciais	Qualificação do Impacto																					CLASSIFICAÇÃO DO IMPACTO									
	1		2			3		4			5			6		7			8			9			SIGNIFICÂNCIA INICIAL		Modificação				SIGNIFICÂNCIA FINAL
	P	N	Im	Mp	Lp	D	I	L	R	E	T	C	Pe	Re	Ir	Ib	Im	Ia	Pb	Pm	In	Mb	Mm	Ma	Σ	S	Rv	Pa	Nm	Po	
Perturbação sonora		X	X			X			X		1			1			5				10		5		22	NM		X			NM-
Propagação de vibrações		X	X			X			X		1			1			5				10	1			18	NB			X		NB+
Alteração da qualidade do ar		X	X			X		X			1			1			5				10		5		22	NM		X			NM-
Geração de abatimentos cársticos		X	X	X		X			X				10		10			10		5				10	45	NA			X		NA+
Obstrução de condutos e áreas de recarga de aquíferos		X	X	X		X	X		X				10		10			10		5				10	45	NA			X		NA+
Interferências em recursos hídricos do sistema cárstico		X	X			X			X		1				10			10			10			10	41	NA		X			NA-
Degradação da qualidade das águas		X		X			X		X		1			1			10				10			10	32	NM		X	X		NM-

**1 - NATUREZA**

P = Positivo  
N = Negativo

**2 - PRAZO**

Im = Imediato  
Mp = Médio prazo  
Lp = Longo Prazo

**3 - ORDENAMENTO**

D = Direto  
I = Indireto

**4 - ABRANGÊNCIA**

L = Local  
R = Regional  
E = Estratégico

**5 - TEMPORALIDADE**

T = Temporário  
C = Cíclico  
Pe = Permanente

**6 - REVERSIBILIDADE**

Re = Reversível  
Ir = Irreversível

**7 - IMPORTÂNCIA**

B = Baixa  
M = Média  
A = Alta

**8 - PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA**

Pb = Baixa  
Pm = Média  
In = Inerente

**9 - MAGNITUDE**

Mb = Baixa  
Mm = Média  
Ma = Alta

Fonte: Enecon,2014

### 3.1.4 Descrição dos Impactos

#### Impactos do Meio Físico

##### A) PERTURBAÇÃO SONORA

*Ações Geradoras:* implantação de canteiros de obra; Movimentação de máquinas e veículos; Utilização de explosivos nos locais de cortes em rocha e nas pedreiras de material construtivo.

*Descrição:* a geração de ruído pela movimentação de máquinas, veículos e equipamentos durante toda a fase de construção e pelo uso de explosivos para o desmonte de rocha e nas pedreiras é inerente à construção de rodovias.

O contorno de Matozinhos localiza-se em zona rural, este impacto fica minimizado, tornando-se mais importante nos locais onde ocorrem ocupações junto da faixa de domínio. .

*Análise:* O impacto é qualificado como negativo, imediato, direto, regional, temporário, reversível, de média importância, inerente e de média magnitude. Possibilita medida

##### B) PROPAGAÇÃO DE VIBRAÇÕES

*Ação Geradora:* utilização de explosivos nas pedreiras e ao longo da rodovia.

*Descrição:* vibrações inerentes à detonação de explosivos em pedreiras e ao longo da rodovia na abertura de maciços rochosos. Estas vibrações são temporárias e se manifestam como pequenos tremores podendo ocorrer ocasionalmente perturbações regionais. Em áreas habitadas, dependendo da proximidade, as vibrações podem gerar desconforto à comunidade e provocar danos nas estruturas civis.

Além das vibrações, a detonação promoverá a alteração no equilíbrio geodinâmico do ambiente cárstico, sendo que esta interferência poderá gerar problemas geotécnicos no local, caso não seja desenvolvido estudo técnico prévio, o qual indicará as medidas de controle adequadas.

*Análise:* o impacto é qualificado como negativo, imediato, direto, regional, temporário, reversível, média importância, de ocorrência inerente, baixa magnitude. Como o impacto não modifica com o controle ambiental é classificado como NB+.

c) ALTERAÇÃO DA QUALIDADE DO AR

*Ações Geradoras:* implantação de canteiros de obra; usina de asfalto; abertura de caminhos de serviços; execução da terraplenagem e transporte de solo inerentes à execução de cortes e aterros; abertura de áreas de empréstimo; movimentação de máquinas e veículos; utilização de explosivos nas pedreiras; utilização de botaforas e preparação da rodovia.

*Descrição:* as atividades acima promovem a movimentação de terra e conseqüentemente, emanações de partículas sólidas suspensas no ar como também de gases, causando desconforto para a população residente no entorno da obra, que fica exposta às condições atmosféricas inadequadas. Também, a vegetação fica vulnerável à deposição de poeira nas folhas causando comprometimento das trocas gasosas e absorção luminosa.

As emissões de particulados são decorrentes da exposição do solo na etapa de implantação do empreendimento, devido aos serviços de terraplenagem na plataforma rodoviária e à abertura de caminhos de serviço e acesso, e das emissões de gases pela intensa circulação de veículos automotores que irão ocorrer tanto na fase de implantação quanto na fase de operação do empreendimento.

As emissões de particulados devem ser controladas para prevenir alterações da qualidade do ar na região e os transtornos à população residente próxima aos locais em obra e é intensificada no período de estiagem de chuvas, quando o solo encontra-se com baixo teor de umidade, favorecendo a dispersão de poeira pela ação de ventos e circulação de veículos.

Já as emissões gasosas durante a implantação do empreendimento são menos representativas que as emissões atmosféricas e estão relacionadas à queima de combustível para movimentação de veículos, máquinas e equipamentos, que normalmente já possuem sistema integrado de controle de emissões atmosféricas.

*Análise:* impacto é qualificado como negativo, imediato, direto, local, temporário, reversível, média importância, inerente e média magnitude, classificando-o como de média significância, porém, este impacto paralisa com o controle ambiental, apresentando menor significância (NM-).

#### D) GERAÇÃO DE ABATIMENTOS CÁRSTICOS

*Ações Geradoras:* implantação de canteiros de obra; abertura de caminhos de serviços; abertura de áreas de empréstimo; movimentação de máquinas e veículos; execução de cortes e aterros; utilização de bota-foras; implantação de drenagem superficial e profunda; implantação de obras-de-arte; utilização de explosivos nas pedreiras e ao longo da rodovia.

*Descrição:* atividades construtivas da via podem induzir instabilidade de sustentação de condutos subterrâneos, principalmente nos pontos onde a circulação de água cárstica está mais superficial. As áreas com maior potencial espeleológico também podem ser consideradas mais propensas aos abatimentos, considerando o estágio da carstificação.

*Análise:* o impacto é qualificado como negativo, imediato e de médio prazo, direto, regional, permanente, irreversível, alta importância, de probabilidade de ocorrência baixa, alta magnitude. O impacto não modifica como controle ambiental sendo

#### E) OBSTRUÇÃO DE CONDUTOS E ÁREAS DE RECARGA DE AQUÍFEROS

*Ações Geradoras:* implantação de canteiros de obra; abertura de caminhos de serviços; abertura de áreas de empréstimo; movimentação de máquinas e veículos; execução de cortes e aterros; utilização de bota-foras; implantação de drenagem superficial e profunda; implantação de obras-de-arte; utilização de explosivos nas pedreiras e ao longo da rodovia.

*Descrição:* atividades construtivas da via podem levar à interferência e/ou obstrução em condutos cársticos em dolinas e/ou maciços de rocha calcária, alterando a circulação de água superficial e subterrânea nos terrenos afetados.

*Análise:* o impacto é qualificado como negativo, imediato e de médio prazo, direto e indireto, regional, permanente, irreversível, alta importância, de ocorrência baixa, alta magnitude. Como o impacto não modifica com o controle ambiental é classificado com significância NA+.

#### F) INTERFERÊNCIAS EM RECURSOS HÍDRICOS DO SISTEMA CÁRSTICO

*Ações Geradoras:* movimentação de máquinas e veículos; Execução de cortes e aterros; Implantação de drenagem superficial e profunda; Implantação de obras-de-arte.

*Descrição:* as atividades construtivas da via podem levar à interferência e/ou obstrução em condutos cársticos em dolinas e/ou maciços de rocha calcária, alterando a circulação de água superficial e subterrânea nos terrenos afetados. Também podem interferir na lagoa cárstica do Cercado, alterando a circulação das águas no seu entorno e a sua recarga e descarga. Sobre os fluxos de água superficiais, a atividade construtiva da rodovia poderá interferir na vazão e nas calhas de escoamento, principalmente nas travessias da via sobre estes cursos d'água.

*Análise:* o impacto é qualificado como negativo, imediato e de médio prazo, direto e indireto, regional, permanente, irreversível, alta importância, de ocorrência baixa, alta magnitude. Como o impacto não modifica com o controle ambiental, a classificação da significância é NA+.

#### G) DEGRADAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS

*Ações Geradoras:* implantação de canteiros de obra; abertura de caminhos de serviços; abertura de áreas de empréstimo; movimentação de máquinas e veículos; desmatamento, destocamento e limpeza da faixa de domínio; execução de cortes e aterros; utilização de fontes de água; utilização de bota-foras e implantação de drenagem superficial e profunda; implantação de obras-de-arte.

*Descrição:* partículas e substâncias contaminantes oriundas de resíduos sólidos e efluentes líquidos gerados nas atividades acima são transportadas até os cursos d'água, e áreas de recargas de aquíferos cársticos como as dolinas e afloramentos de calcários, podendo ocorrer muitas vezes alteração das condições dos fluxos d'água subterrâneos e superficiais, percolação através do solo e atingir o nível d'água local, de maneira que ambas situações contribuem para a alteração da qualidade das águas superficiais e subterrâneas.

As águas podem sofrer as seguintes alterações principais:

–incremento da turbidez e das concentrações de sólidos em suspensão: a qualidade das águas superficiais poderá ser alterada pelo carreamento de resíduos sólidos e de solos pelas chuvas, aumentando a turbidez e as concentrações de sólidos em suspensão nas águas dos cursos d'água situados à jusante do local das obras. Esse efeito tem origem na retirada da cobertura vegetal em áreas de escavação, de empréstimo, de bota-fora e nos canteiros de obras, ações que expõem os solos aos processos erosivos, sobretudo no período chuvoso. Os efeitos decorrentes dessa alteração, a despeito de sua baixa magnitude, assumem maior importância nas áreas das cabeceiras de alguns cursos d'água podendo causar:

–incremento de material orgânico: causado pelo esgotamento sanitário e a disposição do lixo gerado pelo pessoal da obra no canteiro de obra, contribuindo para intensificação da poluição orgânica e bacteriológica das águas superficiais;

–incremento nas concentrações de óleos e graxas: resulta do tráfego de veículos, da lavagem e da manutenção do maquinário, podendo acarretar aumento nas concentrações de óleos e graxas nas águas superficiais e subterrâneas próximas às estas atividades, com impacto mais relevante na drenagem cárstica cujo controle é mais difícil.

*Análise:* o impacto é qualificado como negativo, médio prazo, indireto, regional, temporário, reversível, alta importância, inerente, alta magnitude. O impacto pode ser minimizado com medida de controle sendo classificado com significância NM-.

#### 4. RESULTADOS OBTIDOS

Com relação a avaliação de impacto ambiental realizada resultou na identificação de 7 impactos ambientais do Meio Físico, sendo todos eles negativos. As significâncias finais atribuídas os impactos negativos do meio físico são consideradas reversíveis ou minimizáveis a partir dos controles propostos pelos programas para quatro impactos ambientais e para três impactos ambientais irreversíveis.

A atribuição NA+ foi dada para o impacto Geração de abatimentos cársticos e o impacto e obstrução de condutos e áreas de recarga de aquíferos.

Para estes impactos foram indicadas a seguintes medidas de controle preventivas:

- Utilizar equipamentos de menor impacto. Utilizar procedimentos manuais, quando possível, principalmente nas áreas mais suscetíveis, como áreas de recarga e descarga de aquífero tipo dolinas e maciços e áreas com maior potencial espeleológico. Recuperar as áreas que sofreram intervenções destas atividades, através de técnicas de recomposição vegetal e de estabilidade geotécnica, além da instalação de dispositivos adequados de drenagem.
- Utilizar equipamentos de menor impacto. Utilizar procedimentos manuais, quando possível, principalmente nas áreas mais suscetíveis, como áreas de recarga e descarga de aquífero tipo dolinas e maciços e áreas com maior potencial espeleológico. Recuperar as áreas que sofreram intervenções destas atividades, através de técnicas de recomposição vegetal e de estabilidade geotécnica, além da instalação de dispositivos adequados de drenagem.

É relevante que estradadas as estradas representam um indicador de desenvolvimento, uma vez que por seu intermédio as populações passam a ter acesso a outros equipamentos de infraestrutura, ao incremento dos transportes e da comunicação, além de um conjunto de serviços que lhes são possibilitados devido a uma maior facilidade de acesso ao mercado e de novas oportunidades de emprego e renda. O trecho em estudo é evidente que terá melhor condições de acesso para população, tendo em vista que vai tirar o tráfego da estrada existente que passa dentro da cidade. Por outro, lado a implantação de uma rodovia próxima de cavidade pode



ter vários impactos ambientais significativos, tanto diretos quanto indiretos, conforme apresentados no capítulo anterior. Por isso, é importante realizar estudos de impacto ambiental detalhados e adotar medidas de mitigação apropriadas para minimizar esses impactos.

Um ponto importante é o cumprimento da legislação ambiental e os regulamentos locais para garantir que a construção da rodovia seja realizada de maneira sustentável e responsável do ponto de vista ambiental.

## 5. CONCLUSÃO

Todo empreendimento de transporte provoca modificação do meio em todas as suas fases, desde o projeto até a manutenção. Os impactos no meio físico, podem ser minimizados se bem planejados e se houver respeito aos aspectos ligados à legislação ambiental e de uso e ocupação do solo.

Destaca-se a importância da utilização de ferramentas de identificação e avaliação de impactos ambientais dentro de um sistema de gestão ambiental. Com isso, é possível elaborar um diagnóstico dos impactos que poderão ocorrer em função das diversas ações previstas para a implantação e operação do empreendimento.

O trecho em apresentado no estudo de caso é de suma importância para melhorar as condições do tráfego na travessia das cidades de Matozinhos. Nessa travessia, possui vários problemas, que envolvem aspectos de capacidade, segurança de trânsito, segregação urbana, poluição do ar, ruídos e vibrações relacionados com o intenso e pesado fluxo de veículos que percorre a rodovia neste segmento.

Do ponto de vista do ambiente natural, esta rodovia e os municípios diretamente envolvidos estão inseridos em uma das mais importantes regiões cársticas do País. Esta não só apresenta patrimônio natural e cultural de alto valor, como também recursos minerais que propiciaram a formação e ainda mantêm importante parcela da base econômica desses municípios. No estudo de caso foram identificados impactos ambientais que podem ocorrer nas áreas cársticas, é de fundamental importância a implantação, através de cronograma pré-determinado, de diversos programas ambientais, e a implantação das medidas mitigadoras.

As obras de terraplenagem devem ser feitas de acordo com as especificações técnicas, manuais e normas ambientais dos órgãos competentes, pois esta fase das obras é a que provoca maiores impactos ao meio ambiente.

A construção de rodovias em áreas cársticas requer cuidado e atenção, principalmente nos pontos onde a circulação de água cárstica está mais superficial e junto às áreas com potencial espeleológico importante. A forma, gênese e a dinâmica

do relevo cárstico colocam-no como um meio ambiente extremamente frágil. A carstificação faz com que os condutos subterrâneos evoluam até o ponto de perder o equilíbrio da sustentação, levando a abatimentos de vazios e desabamentos de blocos das lapas e paredões. A vulnerabilidade que o exocarste apresentam pode intensificar os problemas ambientais como um todo. Para este empreendimento, os processos de abatimento em subsuperfície, precisam ser evitados com cuidadoso projeto de drenagem das águas superficiais, evitando sempre as áreas de rocha exposta e as dolinas. Terrenos com cobertura pedológica mais espessa podem receber a drenagem com menor preocupação. As dolinas de abatimento são os mais desastrosos e dramáticos problemas ambientais dos terrenos cársticos e deve-se prevenir seu aparecimento.

Conclui-se que a análise da implantação de empreendimentos de transporte de qualquer obra viária deve visar o meio ambiente, o desenvolvimento social, o desenvolvimento econômico e o custo/benefício da sua implantação e manutenção.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BELLIA, Vitor; BIDONE, Edison D. **Rodovias, Recursos Naturais e Meio Ambiente**. Niterói: EDUFF; Rio de Janeiro: DNER, 1992. 288 p.

BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E PESQUISA. COORDENAÇÃO GERAL DE ESTUDOS E PESQUISA. INSTITUTO DE PESQUISA RODOVIÁRIA. **Manual Rodoviário de Conservação, Monitoramento e Controle Ambientais**. 2 ed. Rio de Janeiro, 2005 a. 68 p. (IPR. Publ., 711).

BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E PESQUISA. COORDENAÇÃO GERAL DE ESTUDOS E PESQUISA. INSTITUTO DE PESQUISA RODOVIÁRIA. **ISF-211-Projeto de Terraplenagem**. Rio de Janeiro, 2015 a. 22 p.

BRASIL. Lei Federal nº 6.938/81 - Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da União, Brasília, 1981**.

BUSTAMANTE, José de Carvalho. **Introdução aos Transportes**. 1999. 20 p. Apostila do Curso de Mestrado em Engenharia dos Transportes – Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 1999.

CARDOSO, Douglas Gomes. **Movimentação de terra em obras rodoviárias: um estudo de caso de trechos Proprocesso-MG, observados os aspectos da Engenharia Sanitária**, Belo Horizonte 2010.

ENECON. **Estudo de Impacto Ambiental EIA**, 2014 -Projeto de Duplicação da MG-424.

FOGLIATTI, Maria Cristina; FILLIPPO, Sandro; GOUDARD, Beatriz. **Avaliação de Impactos Ambientais: Avaliação ao Sistema de Transporte**. Rio de Janeiro: Ed. Interciência, 2004. 249 p.

MINAS GERAIS a. DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS – DER/MG. **Manual de Procedimentos Ambientais em Empreendimentos Rodoviários**. Belo Horizonte, 2008.

Paraná. DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE MINAS GERAIS – DER/PR **Manual de Instruções Ambientais em Obras Rodoviárias**. Belo Horizonte, 2000.

SANCHES, L.E. **Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo:Oficina de Textos, 2006. 495p.

SILVA, João Paulo Souza. **Recuperação Ambiental de Rodovias no Centro Oeste Brasileiro**. Revista Espaço da Sophia. Brasília, Março/2008.