

Análise de visibilidade de um linha de transmissão para fins de avaliação de impacto visual e paisagístico – Estudo de Caso na APA Carste Lagoa Santa

Marcelo de Ávila Chaves^{1,2}
Mariana d'Ávila Fonseca Paiva de Paula Freitas²
Pedro Fialho Cordeiro²

¹Universidade Fumec
Rua Cobre, 200, Cruzeiro / CEP 30310-190 – Belo Horizonte – MG, Brasil.

²Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – Cetec
Av. José Cândido da Silveira, 2000, Horto / CEP: 31035-536 – Belo Horizonte – MG,
Brasil.

mavilachaves@gmail.com, marianadfrees@gmail.com, pedrofialhoc@gmail.com

Abstract. The visibility analysis is used to determine the visible or not visible areas. This instrument can be used in various situations, for example to deployment of phone masts, towers of transmission line of electricity and to assess the visual impact of a development. This paper presents the method for the analysis of visibility for the deployment of power transmission line (LT) Jaboticatubas - Pedro Leopoldo 3138 kV, required by a condition of an environmental license. The transmission line crosses an area of great environmental importance, called APA Carste Lagoa Santa, rich in archaeological sites, located in the state of Minas Gerais. The study aims at diagnosing the visual and landscape impact of the development in relation to archaeological sites and karst formations, through the use of software tools in ERDAS Imagine. The working method used to achieve the proposed objective was based on the use of GIS techniques for spatial analysis of data and information in the design and development of various studies conducted in the region by universities and public and private institutions. The results of these analyzes were then evaluated in the field. The analysis of visibility was extremely useful to indicate how many and which towers are likely to be visible from the archaeological sites and karst formations and therefore, theoretically, the more impactful.

Palavras-chave: visibility analysis, transmission line, visual impact, electric Power, análise de visibilidade, linha de transmissão, impacto visual, energia elétrica.

1. Introdução

A análise de visibilidade é um importante instrumento para se identificar as áreas visíveis e não visíveis de um terreno. As suas aplicações são inúmeras, como para a implantação de antenas de telefonia, de torres de linha de transmissão de energia elétrica, para definir o melhor lugar de observação dentro de uma Unidade de Conservação, dentre outras.

Esta ferramenta pode ser utilizada também para avaliar o impacto visual de empreendimentos, sendo o foco deste trabalho. Uma das condicionantes de licença ambiental da Cemig Distribuição S/A para a implantação da linha de transmissão (L.T.) Jaboticatubas – Pedro Leopoldo 3 138 kV foi realizar um diagnóstico do impacto visual e paisagístico desta linha, uma vez que ela atravessa uma área de grande relevância ambiental, a APA Carste Lagoa Santa.

Desta forma, o estudo tem como um dos objetivos realizar o diagnóstico do impacto visual e paisagístico do empreendimento em relação aos sítios arqueológicos e formações cársticas.

2. Metodologia de trabalho

O método de trabalho utilizado para se alcançar o objetivo proposto baseou-se no emprego de técnicas de geoprocessamento para a análise espacial dos dados e das informações contidas no projeto do empreendimento e em diversos estudos realizados na região por universidades e instituições públicas e privadas. Os resultados dessas análises foram, posteriormente, avaliados em campo.

A sequência dos procedimentos adotada é descrita a seguir:

2.1. Revisão bibliográfica

Revisão bibliográfica sobre os principais conceitos e métodos de trabalho que envolvem os procedimentos de análise de visibilidade, a avaliação de impactos visuais e paisagísticos de empreendimentos lineares e as prováveis medidas mitigadoras cabíveis.

Três terminologias são empregadas na literatura em estudos de análise de visibilidade: visibilidade, intervisibilidade e *viewshed* (campo ou bacia visual, ou *cuenca visual*). A visibilidade faz referência à linha de visão entre dois pontos, um ponto de observação e um objeto observado. A intervisibilidade é o conceito de visibilidade aplicado a mais de dois pontos de observação. Já o *viewshed* é usado para a predição da área total que é visível de um único ponto com determinada capacidade e ângulo de visada do observador. *Softwares* de Sistemas de Informações Geográficas - SIG utilizam a expressão *viewshed* para o aplicativo que realiza a análise de visibilidade, em sentido amplo, englobando a visibilidade e a intervisibilidade. Para este trabalho utilizou-se o conceito de *viewshed*.

2.2. Definição da área de estudo

A condicionante determina a avaliação de impacto sobre as formações cársticas e, assim sendo, deve considerar a região de ocorrência dessas formações. Portanto a área de estudo foi definida através dos limites da Área de Proteção Ambiental (APA) federal Carste de Lagoa Santa e da Área de Proteção Especial (APE) Estadual de Lagoa Santa, que são coincidentes, conforme a Figura 1.

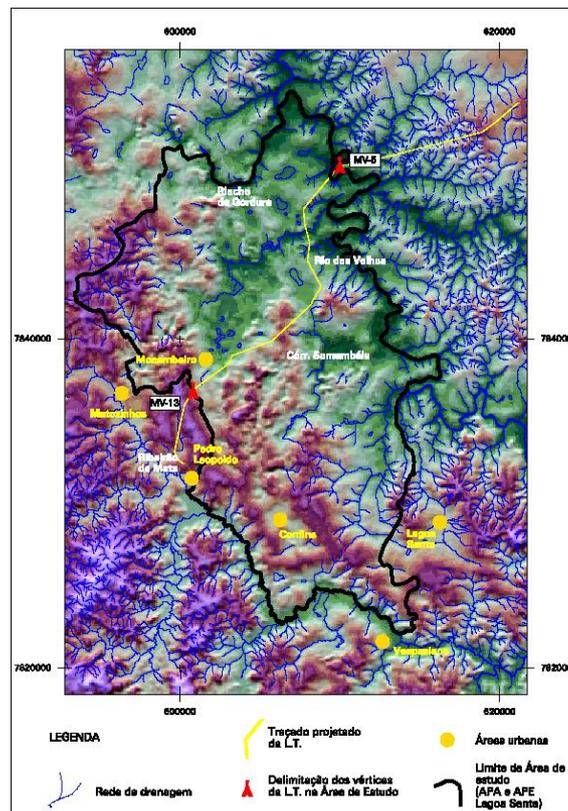


Figura 1: Superposição, no Modelo Digital de Elevação, dos limites da área de estudo e do traçado da faixa de servidão da LT Jaboticatubas – Pedro Leopoldo 3.

A L.T. Jaboticatubas - Pedro Leopoldo 3 138 kV possui uma extensão de 35.985 metros, com previsão de implantação de 81 torres. Desse total, 43 torres e 18.088 metros de linha serão instalados no interior da área de estudo.

2.3. Levantamento, análise e seleção de dados e informações

Foi realizado o levantamento, análise e seleção de dados e informações acerca do empreendimento e da área de estudo; os levantamentos dos sítios arqueológicos e das formações cársticas; as bases cartográficas existentes; a altimetria da região do entorno do empreendimento (Modelo Digital de Elevação - MDE) e as imagens de satélite e os levantamentos temáticos disponíveis para a APA Carste de Lagoa Santa e para o Parque Estadual do Sumidouro.

2.4. Consolidação do banco de dados

Esta etapa consiste na montagem de um banco de dados georreferenciado, no *software* de geoprocessamento ArcGis, com arquivos consolidados e projetados para o sistema de coordenada Universal Transversa de Mercator - UTM, Esferóide *South America*, 1969 e Datum: SAD-69, fuso 23.

2.5. Definição de parâmetros para a análise de visibilidade

Para a determinação das áreas visíveis e não visíveis a partir de um ponto é necessário, em primeiro lugar, definir o alcance da visibilidade. O alcance adotado foi de 1 km, valor definido por meio de entrevistas com os funcionários da Gerência de Manutenção e Operação de Linhas de Transmissão e Subestações (OM/LS) da Cemig Distribuição S/A que executam a manutenção das linhas e torres da empresa. Esse valor adotado situa-se dentro da faixa de visibilidade média sugerida por Morláns (2009), que estabeleceu três classes de alcance visual: curta (de 0 a 1 km), média (entre 1 e 3 km) e longa (de 3 a 10 km).

Foi necessário definir para quais sítios arqueológicos seriam feitas as análises de visibilidade. A empresa Arkaios Consultoria Ltda consolidou, no âmbito do processo de licenciamento da linha de transmissão, um estudo relacionado aos sítios arqueológicos situados numa faixa de 2 km no entorno da LT Jaboticatubas – Pedro Leopoldo 3 138 kV. Pelo fato do alcance de visibilidade ser de 1km, a realização de estudos de impacto visual e paisagístico, por meio das análises de visibilidade foi feita para os sítios que se localizam em até 1km de distância da LT, resultando em 6 sítios arqueológicos, denominados: Vargem Formosa, João Bárbara, Vargem da Pedra, Caianga ou Salitre, Serra dos Ossos e Sítio da Palma.

Além de definir o alcance de visibilidade e os sítios arqueológicos, foi necessário identificar quais torres se encontram no raio estabelecido. Para isso, foram utilizadas técnicas de cruzamento de mapas disponíveis no *software* ArcGis, totalizando 14 torres.

A Figura 2 exemplifica esta etapa do trabalho, mostrando os sítios arqueológicos, com seus respectivos raios de visibilidade, as torres, a linha de transmissão e área criada com 1km ao longo da extensão da L.T.

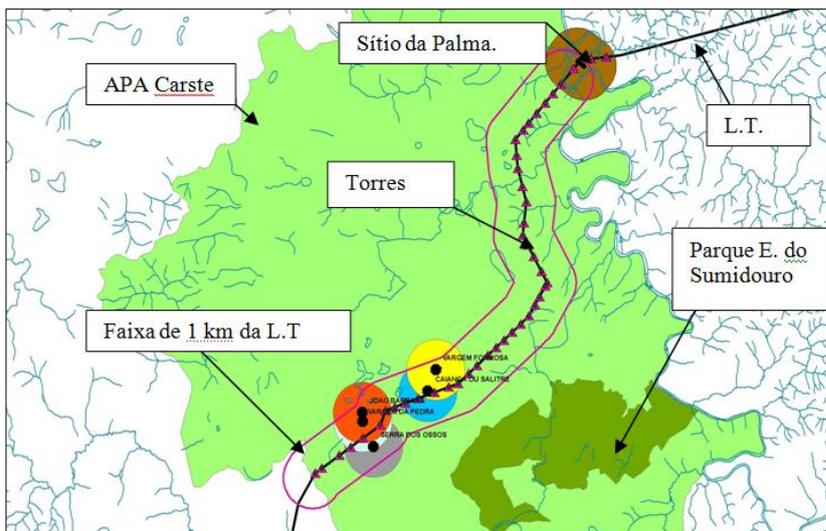


Figura 2 – Sítios arqueológicos situados dentro do raio de visibilidade de 1km da L.T.

2.6. Simulações de *viewshed*

As simulações computacionais de análise de visibilidade foram feitas utilizando os aplicativos *Viewshed* e *Route Intervisibility* do módulo *Topographic Analysis* do software *Erdas Imagine* (versão 9.2). Para isso foram usados os dados do projeto da linha de transmissão, as informações altimétricas do MDE do ASTER GDEM e as informações georreferenciadas dos sítios arqueológicos e das formações cársticas.

Para a obtenção dos MDEs Aster foram feitos cadastro e *download* dos dados altimétricos no portal Aster GDEM. Os dois modelos de elevação que recobrem a área de estudo foram unidos e reprojutados para o sistema UTM/SAD 69.

As informações georreferenciadas dos sítios arqueológicos e das formações cársticas foram compiladas dos trabalhos de Arkaios Consultoria Ltda (2012) e Meneses (2003), respectivamente.

A análise de visibilidade foi feita em 3 situações distintas: da linha de transmissão em relação às formações cársticas; das torres potencialmente visíveis de comunidades urbanas e estradas e para as torres situadas dentro do raio de visibilidade de 1km dos sítios arqueológicos. As etapas para esta última situação serão descritas a seguir:

- a) Superposição das torres sobre o Modelo Digital de Elevação e identificação da torre em análise.
- b) Definição dos parâmetros de simulação: cálculo de *viewshed* simples (único observador situado no topo da torre); unidades de posição e altura da torre e distância de observação em metros; cores da legenda da imagem de visibilidade. Não foi considerada a curvatura da Terra num raio de visibilidade de 1 km.
- c) Definição das coordenadas e altura de cada torre e da altura média da L.T (28m), raio de visibilidade (1000m), azimute e campo de visualização (360 graus).
- d) Cálculo da visibilidade e superposição dos sítios arqueológicos em análise.
- e) Classificação do sítio arqueológico quanto à sua visibilidade – visível ou não visível e quanto à sua relevância (estado de conservação, presença de pinturas rupestres, etc).

2.7. Uso do solo e cobertura vegetal da área de visibilidade

Foi realizado o mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal da área de visibilidade do empreendimento (*viewshed*) para a avaliação do seu impacto visual e paisagístico, através da interpretação de imagens de satélite RapidEye de 2010 da faixa de 1 km no entorno do traçado da linha de transmissão. Esse mapeamento foi necessário

para verificar o grau de antropização dessa faixa, de forma a subsidiar a avaliação do impacto visual e paisagístico da L.T. sobre as formações cársticas.

2.8. Trabalho de campo

O trabalho de campo foi realizado em outubro de 2012, para avaliação das simulações e do mapeamento do uso do solo e da cobertura vegetal na área de visibilidade do empreendimento.

3. Resultados e discussões

A Figura 3 mostra a imagem de visibilidade onde as cores, verde e vermelha, significam, respectivamente, as áreas não visíveis e visíveis do topo da torre T63/MV11B. A cor cinza representa o raio de visibilidade de 1 km. Observa-se nessa figura que os dois sítios arqueológicos encontram-se na área verde e, portanto, não são visíveis desta torre.

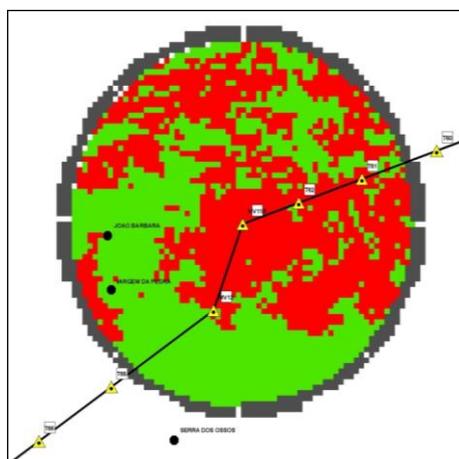


Figura 3: áreas visíveis (vermelha) e não visíveis (verde) da T63/MV11B e superposição dos sítios arqueológicos João Bárbara e Várzea da Pedra.

O resultado das simulações feitas para cada uma das torres situadas dentro do raio de visibilidade de 1 km dos sítios e a relevância dos sítios arqueológicos é apresentado na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1: Simulações de visibilidade de cada torre situada dentro do raio de visibilidade de 1 km dos sítios e a relevância dos sítios arqueológicos.

Nome do Sítio	Identificação das torres	Topo da torre visível?	Número de torres visíveis	Grau de relevância do sítio
Vargem Formosa	T57/MV11A	Não	1 de 3	Média
	T58	Não		
	T59	Sim		
João Bárbara	T63/MV11B	Não	2 de 3	Baixa
	T64/MV12	Sim		
	T65	Sim		
Vargem da Pedra	T63/MV11B	Não	1 de 4	Média
	T64/MV12	Sim		
	T65	Não		
	T66	Não		

Caianga ou Salitre	T61	Sim	3 de 4	Baixa
	T60	Sim		
	T59	Sim		
	T58	Não		
Serra dos Ossos	T66	Sim	3 de 3	Média
	T65	Sim		
	T64/MV12	Sim		
Sítio da Palma	T29	Sim	3 de 5	Baixa
	T28	Sim		
	T27/MV5	Sim		
	T26	Não		
	T25	Não		

Da análise dos dados da Tabela 1, deduz-se que, das quarenta e três torres que serão implementadas dentro da APA Carste de Lagoa Santa, quatorze (35%) estarão inseridas dentro do raio de visibilidade de 1 km dos seis sítios arqueológicos. Destas últimas, cinco não serão visíveis e nove (20%) serão visíveis a partir dos sítios. Quatro torres poderão ser avistadas a partir dos sítios arqueológicos de media relevância (T59, T64/MV12, T66 e T65)

Cabe ressaltar alguns aspectos importantes e limitantes das análises de visibilidade:

a) o fato de uma torre ser visível não significa que toda a sua estrutura poderá ser observada do(s) sítio(s) arqueológico(s). Em alguns casos a visibilidade poderá se restringir às suas porções superiores, uma vez que as simulações foram realizadas a partir da altura máxima de cada torre;

b) as simulações foram realizadas da coordenada da torre para uma coordenada do sítio, à exceção do Sítio da Palma. Neste caso, a simulação foi efetuada da coordenada da torre para todas as coordenadas da área do sítio, uma vez que especificamente para este sítio, por exigência de condicionante da licença ambiental, foi realizada o seu levantamento e georreferenciamento da sua área. Isso significa que, especificamente no sítio arqueológico da Palma, parte pode ser visível e parte não;

c) os resultados apresentados neste tópico permitiram identificar quais as torres que, provavelmente, serão mais visíveis. Entretanto, como a análise de visibilidade é uma simulação, a confiabilidade dos resultados está diretamente relacionada à qualidade dos dados utilizados, tais como a exatidão e a acurácia do modelo digital de elevação e das coordenadas das torres e dos sítios arqueológicos;

d) a visita aos sítios arqueológicos só é possível a partir de autorização prévia do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional - IPHAN. A maioria deles encontra-se em propriedades privadas, o que requer também permissão específica dos proprietários para a entrada de pessoas;

e) a maior parte dos sítios arqueológicos da região de Lagoa Santa encontra-se em abrigos ou nas margens das dolinas e uvalas, ou seja, está situada topograficamente abaixo do nível altimétrico da área. Isto faz com que o visitante não enxergue o que está fora da depressão, pois a vista do conjunto fica restrita. Uma pessoa que esteja em um ponto mais alto, externo aos sítios arqueológicos, terá uma visão melhor da região. Assim, poderá enxergar os maciços calcários e suas dolinas e uvalas, mas não visualizará os sítios propriamente ditos. Nesse caso, pode perceber a presença da L.T.

A Figura 4 mostra em vermelho as áreas que são potencialmente visíveis num raio de 1 km no entorno da linha, enquanto que as áreas verdes não são visíveis. Essas áreas correspondem, respectivamente, a cerca de 83% e 17% dos 3.709 hectares do raio de 1 km de entorno da linha dentro da APA Carste. Cabe ressaltar que o percentual das áreas

potencialmente visíveis de 83% é superestimado, pois a simulação considera que os cabos entre as torres também serão visíveis até uma distância de 1 km, o que não é um valor realista.

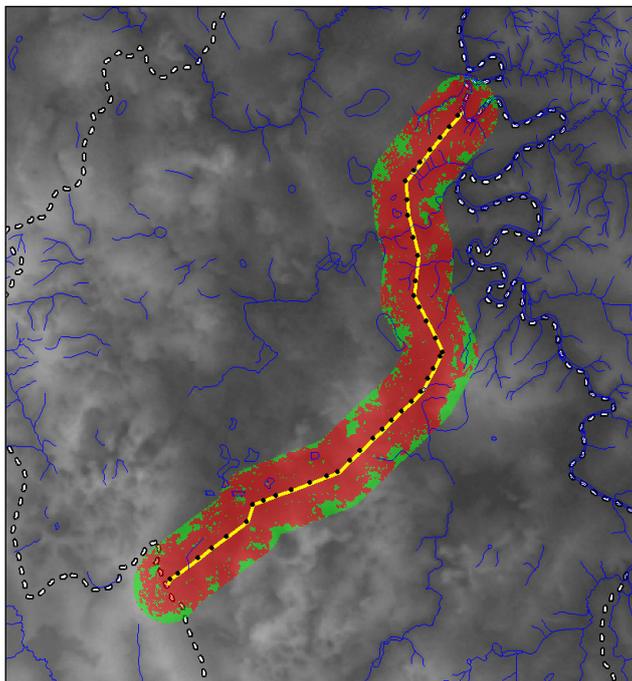


Figura 4 – Mapeamento das áreas visíveis (vermelho) e não visíveis (verde).

A análise dos dados do mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal indicou que somente 22% da área da faixa de 1 km apresentada na Figura 4 encontra-se com vegetação nativa, que, via de regra, são matas secas em afloramento de calcário. As áreas antropizadas correspondem a 88% da faixa, predominando as pastagens, que ocupam 59% desta faixa.

4. Conclusões

No âmbito deste trabalho foram utilizados os instrumentos tecnológicos mais avançados disponíveis para a execução das análises de visibilidade do empreendimento. Essas avaliações permitiram a realização do diagnóstico do impacto visual e paisagístico da implantação da L.T..

Em relação aos sítios arqueológicos, situados na faixa de visibilidade de 1 km do empreendimento, os resultados indicam uma pequena magnitude do impacto, decorrente da baixa a mediana relevância dos sítios e dos posicionamentos específicos dos abrigos dentro dos maciços rochosos.

No que se refere ao impacto visual e paisagístico sobre as formações cársticas, que representam 53% da faixa de visibilidade do empreendimento, os resultados revelaram que deverá ser também de baixa magnitude sobre a paisagem natural devido ao alto grau de antropização da área. Entretanto, sobre a paisagem antropizada a valoração do impacto é de difícil qualificação, uma vez que envolveria critérios estéticos, sociais e culturais de quem realizaria a avaliação.

Os resultados das análises de visibilidade foram extremamente úteis para indicar quantas e quais torres serão provavelmente mais visíveis a partir dos sítios arqueológicos e das formações cársticas e, portanto, teoricamente, as mais impactantes. Entretanto, devido à complexidade dos objetos em estudo, às limitações técnicas dos

dados topográficos utilizados e às simplificações exigidas nas simulações, esses resultados não possuem a acurácia suficiente para subsidiar a determinação prévia de medidas mitigadoras. Estas ações só poderão ser recomendadas após a conclusão das obras de implantação do empreendimento e precedidas de uma reavaliação, em campo, da visibilidade das torres em relação aos sítios arqueológicos e/ou formações cársticas de maior relevância.

Agradecimentos

Helton Hugo Luz Teixeira

Gerência de Gestão do Meio Ambiente da Distribuição

Diretoria de Distribuição e Comercialização

Companhia Energética de Minas Gerais - Cemig Distribuição S/A

Referências bibliográficas

Arkaios Consultoria LTDA, **Ofício de Resposta ao Documento de Audiência Pública da CEMIG** de abril de 2012.

Meneses, I. C. R. R. C. **Análise Geossistêmica na Área de Proteção Ambiental (APA) Carste de Lagoa Santa**. Tese de Mestrado. Belo Horizonte: PUC-MG, 2003.

Morláns, C. (2009) **El paisaje visual o paisaje percebido (II)**. Material Didático do Mestrado. Univ. Nac. Catamarca. Disponível em: ww.editorial.unca.edu.ar/.../pdf/005-elpaisajepersibido-2.pdf.