

# Web geovisualization tool for the deployment of small hydro power plants

## Ferramenta de geovisualização web para a implantação de centrais geradoras hidrelétricas

Valeria Valente Borges<sup>1</sup>  
Matheus Pereira Libório<sup>1</sup>  
Iara Sibebe Silva<sup>2</sup>  
Sandro Laudares<sup>1</sup>  
Bernardo Augusto Godinho de Oliveira<sup>1</sup>  
Carlos Augusto Paiva da Silva Martins<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais  
lelavalent@yahoo.com.br  
matheus.liborio@sga.pucminas.br  
laudares@pucminas.br  
bernardo.godinho.oliveira@gmail.com  
capsm@pucminas.br

<sup>2</sup>Federação das Indústrias de Minas Gerais - Fiemg  
iara.silva@fiemg.com.br

**Abstract:** Given the growth of electrical energy demand from power generating plants, a set of tools and technologies to organize, process and provide information that contribute to the increased supply of energy are required. The lack of information regarding the environmental scenarios in the regions where power plants might be established may lead to inefficient decisions. This situation is particularly frequent with small power plants. Would it be possible to analyze all relevant data and information related to new power plants deployment in a specific area? Possibly not, but the Web Geovisualization tool described in this paper contributes to a more rational decision-making process, by allowing multilayer analysis of data related to implementing small hydroelectric power plants. A case study in the "Zona da Mata Mineira" region, in Minas Gerais, Brazil, is presented to demonstrate the usefulness of the tool.

**Keywords:** geosystems analysis, geovisualization, hydroelectric power plants, spatial data infrastructure.

**Resumo:** Dado o crescimento da demanda de energia elétrica das usinas de geração de energia, faz-se necessário um conjunto de ferramentas e tecnologias para organizar, processar e fornecer informações que contribuam para o aumento da oferta de energia. A falta de informação sobre os cenários ambientais nas regiões onde as usinas podem ser implantadas termina por levar a decisões ineficientes. Essa situação é particularmente mais frequente quando se trata de pequenas usinas. Seria possível analisar todos os dados e informações relevantes e relacionados à construção de novas usinas em uma área específica? Possivelmente não, mas a ferramenta de Geovisualização Web descrita neste artigo, ao permitir a análise multicamada dos dados relacionados à implantação das pequenas usinas hidrelétricas, contribui para um processo de tomada de decisão mais racional. Para isso, foi realizado um estudo de caso na região denominada "Zona da Mata Mineira" em Minas Gerais, Brasil.

**Palavras-Chave:** análise de geossistemas, geovisualização, pequenas usinas hidrelétricas, infraestrutura de dados espaciais.

### 1 Introdução

Com o aumento da complexidade das informações ambientais, derivadas do crescimento industrial e tecnológico, a visibilidade do conjunto de dados e informações geográficas de uma determinada região tem se tornado um grande desafio [1]. No entanto, negligenciar a visão geográfica contraria um elemento fundamental do processo de tomada de decisão eficiente [2] [3], pois decisões que envolvem problemas locais não podem prescindir da inclusão do conhecimento geográfico na criação e no funcionamento dos empreendimentos que se promovem sobre o território [3]. É importante que exista uma identificação suficientemente detalhada das características e dos relacionamentos das entidades e eventos envolvidos, ou seja, do geossistema local. Uma melhor compreensão da superfície terrestre e conseqüentemente da paisagem e do meio ambiente, modificados ou não pela ação do ser humano [4], pode ser alcançada por meio de sistemas de geovisualização.

Os empreendimentos hidrelétricos se inserem nesse contexto, dada a necessidade de ações estratégicas no território, assim como as responsabilidades ambientais condicionadas pelos órgãos competentes [3].

Os conhecimentos espaciais associados às hidrelétricas englobam muitas informações, principalmente: cartográficas (mapas de base e mapas derivados); hidrográficas (os principais rios e afluentes, tamanho dos reservatórios, as sub-bacias hidrográficas); mapas de risco (inundações, erosões); descrições do relevo; clima; fitofisionomia; dados antrópicos; e conhecimentos relacionados às usinas localizadas em áreas próximas. Assim, o conjunto desses conhecimentos permite uma avaliação ambiental integrada, necessária para a análise de implantação de usinas hidrelétricas.

Em detalhe, as usinas hidrelétricas no Brasil são representadas em hierarquias [5], sendo: central geradora hidrelétrica (CGH) – uma unidade geradora com menos de 1,0 MW (megawatt) de capacidade; pequena central hidrelétrica

(PCH) – uma unidade geradora entre 1,0 MW e 30 MW, com área do reservatório até 3,0km<sup>2</sup>; e usina hidrelétrica (UHE) – uma unidade geradora de mais de 30 MW e/ou reservatório com mais de 3,0 km<sup>2</sup>. Deve-se lembrar que a área do reservatório é delimitada pela cota d'água associada à vazão de cheia do período de cem anos [6].

Nesse contexto, percebe-se que são muitas informações relacionadas às diversas usinas hidrelétricas outorgadas que, frequentemente, precisam ser analisadas rapidamente e em conjunto. Contudo, isso pode ser uma tarefa difícil, complexa e de alto custo, principalmente para os empreendedores de micro empreendimentos, como uma CGH, que não possuem a total visibilidade dos cenários ambientais em questão [7], e muitas vezes não possuem os conhecimentos de geoprocessamento.

Desse modo, é necessário que os dados disponibilizados online retratem a realidade, corrigindo duplicidades e atualizando informações, evitando representações falsas e decisões equivocadas [2]. Conforme o Conselho Nacional de Cartografia – CONCAR [8], tais condições evitam o desperdício de recursos e de esforços em um serviço já realizado. Por exemplo, geram economias ao não produzir dados já existentes ao mesmo tempo que provêm maior qualidade e informações sobre os dados em detalhe [9]. As informações sobre os dados (metadados) permitem, por sua vez, identificar e corrigir os dados geográficos em duplicidade [10]. O uso racional de recursos, assim como a exatidão informacional é um dos benefícios gerados pelas infraestruturas de dados espaciais (IDE). Isso ocorre porque as IDEs se baseiam em normas e padrões homologados pela CONCAR e sob os quais se conduz todo o processo de operação, manutenção e uso dos dados geográficos [11].

Considerando o contexto e os problemas motivadores apresentados, o objetivo principal do trabalho aqui descrito é projetar e desenvolver um WebGeovisualizador que possa auxiliar o empreendedor no processo de tomada de decisão de implantação de uma CGH. Para isso, uma IDE é proposta e desenvolvida. Desse modo, por meio da visualização rápida do conjunto de informações relacionadas às usinas hidrelétricas, o WebGeovisualizador permitirá que o usuário possa analisar a dinâmica do geossistema, das entidades e dos eventos geográficos, orientando-o e auxiliando-o em um processo decisório.

As análises orientadas ao geossistema realizadas com o WebGeovisualizador em um estudo de caso apresentam contribuições às propostas apresentadas para estudos pós-construção [8] [12] [13]. O uso da geovisualização no trabalho de Ping e Li [12] é uma análise de impactos da área alagada pelo reservatório da usina hidrelétrica, mostrando os tipos de vegetação submersas e a redução das áreas agrícolas. Em Duan et al. [13], a discussão foca o planejamento da restauração da paisagem, utilizando a geovisualização numa perspectiva tempo-espaço, procurando reequilibrar o desenvolvimento sustentável mediante medidas de restauração da paisagem ecológica das áreas afetadas pela construção de hidrelétricas.

O artigo está estruturado em cinco seções. A seção 2 apresenta a geografia tecnológica, com a descrição da

importância e das dificuldades da visibilidade dos cenários ambientais, os instrumentos técnicos e políticos dispostos pela IDE, conceitos de bancos de dados espaciais e trabalhos relacionados. Na seção 3, apresenta-se o WebGeovisualizador, fazendo uma breve descrição da área de estudo, descrevendo as etapas da construção da ferramenta, bem como a execução do processo de tomada de decisão para implantação de CGH. Os resultados alcançados são apresentados na seção 4 mediante um estudo de caso e, por último, na seção 5, apresentam-se as conclusões, destacando-se as principais contribuições e algumas sugestões de trabalhos futuros.

## 2 Geografia tecnológica

Na geografia clássica, a concepção do espaço geográfico é definida por uma busca da totalidade entendida, representando a síntese dos elementos que o todo natural-social possui. Na geografia quantitativa, busca-se uma tipologia geral utilizando um conjunto restrito de variáveis, onde a escala e o foco de observação propiciam uma visualização genérica do todo. Assim, as considerações do espaço geográfico orientadas às análises para a implantação de empreendimentos hidrelétricos baseiam-se em entidades e fenômenos espaciais advindos da generalização de variáveis. Esse método permite identificar partes que sintetizam ou explicam substancialmente uma realidade mais complexa, composta da totalidade dos objetos encontrados no lugar [14]. A generalização, conceituada no trabalho de D'Alge e Goodchild [15], ocorre porque o ambiente é um sistema complexo, composto por muitas partes, influentes entre si, tornando utópica a ação de retratar toda a realidade ambiental, ao mesmo tempo e intensidade [3] [7].

Por outro lado, a representação geográfica evoluiu com os avanços tecnológicos, produzindo mapeamentos sofisticados, combinando imagens, textos, sons e vídeos [16]. Assim, a comunicação cartográfica e a cartografia multimídia [17] modificaram profundamente a maneira de lidar com mapas, proporcionando uma visão mais real do mundo, reduzindo a distância entre realidade e representação cartográfica [18]. Desse encurtamento, da realidade geográfica observada e da representação cartográfica, qualifica-se o conhecimento sobre o território e consequentemente as análises para implantação de empreendimentos hidrelétricos.

Nesse exemplo, as análises ambientais por geovisualização voltadas à implantação de empreendimentos hidrelétricos, exigem uma configuração da ferramenta cartográfica que permita a retroalimentação e a reprodução de novos mapas. Essa ação aproxima a análise espacial da realidade territorial, conforme o nível de detalhamento adotado. No trabalho de Ralston e Streufert [19], a geovisualização é apresentada como uma opção para a condução e o alcance de objetos que abrangem certa extensão territorial.

A geovisualização é uma tecnologia que integra a visualização em computação científica, a cartografia, a análise de imagem, a visualização de informação, a análise exploratória de dados e sistemas de informação geográfica, tendo por objetivo o fornecimento de mecanismos para a exploração visual, a síntese e a apresentação de dados geográficos [20]. Nela

visualizam-se segmentos espaciais a partir da recuperação de informações em grandes bases de dados e otimizam-se recursos humanos e materiais [1], atendendo demandas de diferentes perfis de usuários, reduzindo ao máximo os recursos de pós-processamento e permitindo a exploração máxima dos dados previamente selecionados [21].

O uso da IDE se torna importante para garantir que a usabilidade do sistema não prejudique seus objetivos [22]. O principal papel da IDE, como visto no trabalho de Koua e Kraak [23], é o compartilhamento de dados entre usuários, mas quando esse instrumento não é comum em grandes organizações, e mesmo muito presente em órgãos públicos, fatores diversos restringem o acesso ao abrangente volume de dados armazenados [24]. Ainda assim, a presença da IDE é fundamental para se analisar as implicações ambientais na implantação de empreendimentos hidrelétricos. Entretanto, problemas com a duplicidade, o conflito e a qualidade dos dados podem desfavorecer a utilização da IDE. Estudos mostram que tais problemas ocorrem devido a: i) inconsistência entre os esquemas da IDE com as normas e padrões definidos pela CONCAR [8]; ii) diferenças entre sistemas de projeção e sistemas geodésico de referência; iii) necessidade de conversão de coordenadas de localização [11]; e iv) falta de interoperabilidade entre sistemas que armazenam informações geoespaciais [25].

Por outro lado, outros trabalhos mostram a importância de se desenvolver IDE voltadas para regiões específicas do território, como por exemplo, regiões de bacias hidrográficas [26]. Outro exemplo é a IDE GeoMINAS. A IDE GeoMINAS fornece uma base de dados espaciais com informações de todo o estado de Minas Gerais [11] [21] [27].

Assim, uma IDE estruturada e eficiente se torna relevante, pois a disseminação da informação geográfica traz uma grande coleção de dados, criando um labirinto de informações, que muitas vezes não significa ganho de conhecimento à análise espacial [28]. Por isso, alguns itens são fundamentais, como por exemplo, os metadados, que são definidos como dados sobre dados. Na IDE explicitada no trabalho de Roy e Das [29], os metadados se incorporam aos vários elementos de informação geográfica, obtendo uma interoperabilidade entre diferentes padrões utilizados na codificação de recursos de informação geral, bem como no aperfeiçoamento das técnicas de recuperação de informação da IDE pelo uso de vocabulários não ambíguos. Em outro exemplo, a IDE é utilizada para o estudo da vulnerabilidade de águas subterrâneas, apresentando resultados e análises de desempenho associados ao geoprocessamento [30].

Mais especificamente, a IDE descrita por Montanari e Lisboa Filho [24] foca a área de geração e transmissão de energia, em fase de construção, que propõe implantar um GeoPortal para uso de dados geográficos como facilitador das atividades de gestão da distribuidora de energia. Destaca-se no website da ANEEL [31] que, no Brasil, existem atualmente 1.202 empreendimentos hidrelétricos em operação. Por isso, compartilhar conhecimentos e informações presentes em bancos de dados espaciais do setor elétrico possibilita exploração das diversas categorias hidrelétricas: CGH, PCH e UHE. Os bancos de dados espaciais do setor elétrico [32], como qualquer outro, são conceituadamente um conjunto de

dados organizados que atende a determinada finalidade ou um conjunto de finalidades integradas, desde que, quando armazenados, possuam propriedades descritivas da localização geográfica e da forma de representação [33]. Nesse sentido, a IDE criada nesta pesquisa é um banco de dados espacial que compõe o sistema de geovisualização, permitindo operações do tipo: definição do esquema do banco de dados, recuperação da informação, atualização, inserção e exclusão de dados.

### 3 WebGeovisualizador

Este trabalho apresenta uma pesquisa experimental onde um WebGeovisualizador é desenvolvido com o objetivo de auxiliar empreendedores no processo decisório de implantação de CGH. Para isso, uma infraestrutura de dados espaciais é construída, incorporando um conjunto de dados, ferramentas e técnicas de análises espaciais. Por fim, o WebGeovisualizador é testado em um estudo de caso na zona da mata, no estado de Minas Gerais.

As etapas do projeto e do desenvolvimento do WebGeovisualizador são mostradas na Figura 1, sendo: criação da IDE; análise espacial e criação do WebGeovisualizador.

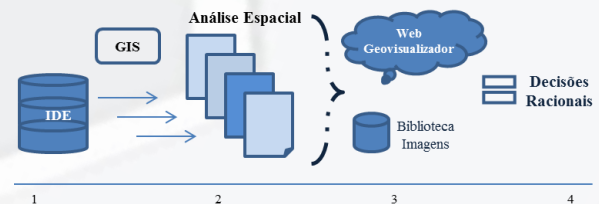


Figura 1: Projeto e desenvolvimento do WebGeovisualizador.

#### 3.1 Criação da IDE

A criação da IDE baseia-se num conjunto de ações associadas aos dados secundários: seleção; validação e correção; georreferenciamento; e atribuição de metadados.

Na seleção dos dados secundários, uma ampla e variada fonte de informações geográficas é obtida em várias fontes de informações [34] [35] [36] [37] [38] [39] [42], sendo os metadados desses dados apresentados na Tabela 1.

Os dados coletados foram devidamente validados, corrigidos e atualizados, verificando possíveis conflitos. Para isso, foram realizadas buscas em bancos de dados espaciais de fontes oficiais. A centralização dos dados numa única infraestrutura física de dados minimizaria ou eliminaria a necessidade desse saneamento, porém, como demonstrado por Molinari e Lisboa Filho [24], essa ação é muito difícil de acontecer, reforçando a necessidade da criação de IDE em caráter regional [26] para a gestão de propósitos específicos, como no presente caso. Exemplos de incompatibilidade e desatualização de dados foram percebidos na base da ANEEL [32], apresentando erros na localização geográfica de usinas, inconsistências no status da operação da usina e dados sem atualização desde 2014. Em outro exemplo, a situação de

operação de cada usina foi corrigida e atualizada mediante consultas ao Banco de Informações de Geração [31].

Tabela 1: Dados coletados para criação da IDE.

Descrição	Fonte	Tipo	Data
Limites territoriais (micro-meso região, município, estado e país)	IBGE	.shp	2013
Bacia dos rios: Doce e Paraíba do Sul, e sua área de drenagem	EPE	.shp	2005
Cartas topográficas	IBGE	.dgn .pdf	1976
Curso d'água	IGAM	.shp	2002
Bacia do rio Grande	ANA	.shp	2001
CGH, PCH e UHE	SIGEL	.kmz	2016
Modelo digital de elevação	UFRGS	srtm	2004

Os dados corrigidos e atualizados foram geoprocessados na projeção do sistema geodésico brasileiro (SIRGAS 2000), procedimento realizado utilizando o software ArcGIS. Logo, os dados em formato *shapefile* (formato de arquivo vetorial detalhado no trabalho de McCoy e Johnston [40]) são georreferenciados e associados a atributos geográficos (pontos, linhas ou regiões), tornando-os então dados espacializados, ou seja, passíveis de identificação geográfica [41].

Após a espacialização dos dados, os metadados foram criados mediante a associação de dados de diferentes bases cartográficas. Assim, dados sobre usinas hidrelétricas em operação da ANEEL [31], dados territoriais disponibilizados pelo IBGE [42] e o acervo cartográfico sobre a gestão de recursos hídricos em Minas Gerais do IGAM [36] foram associados em conjuntos de dados geográficos, dentre eles: imagens de satélite; mapas interativos como no website da ANA [37]; Web mapas interativos do sistema energético brasileiro [34]; e com o modelo digital de elevação do SRTM adaptado de Weber, Hasenack e Ferreira [39]. Os metadados relacionados às usinas hidrelétricas, por exemplo, incluem as descrições da tipologia da usina e hyperlinks de conexão com a fonte do dado.

### 3.2 Análise Espacial

Nesta etapa, produziu-se uma sequência de mapeamentos analíticos, constituindo uma biblioteca de imagens de análises geográficas do recorte da Zona da Mata Mineira. Essa biblioteca de mapeamentos é constituída do mapa político da região de interesse, com os limites dos municípios da Zona da Mata Mineira; do mapa de aspectos físicos, apresentando informações como topografia, declividade, etc; e do mapa das bacias hidrográficas constituintes da área de estudo, mostrando os pontos potenciais e de risco para implantação de CGH, além dos mapas das usinas hidrelétricas existentes, mostrando sua área de influência com os rios principais e a densidade de cada tipo de usina para a área de interesse.

### 3.3 Criação do WebGeovisualizador

As análises espaciais criadas na etapa 2 e armazenadas na biblioteca de imagens do recorte da Zona da Mata foram carregadas no WebGeovisualizador, por meio do aplicativo de software FrontPage para publicação na web. Nessa página se apresenta um “menu” que permite ao usuário acessar os mapas temáticos utilizados no estudo de caso os quais se relacionam ao processo de tomada de decisão de implantação da CGH. Essa página do WebGeovisualizador, vista na Figura 2, permite o acesso a mapas de outros portais que estão associados à área de pesquisa.



Figura 2: Página principal do WebGeovisualizador.

O desenvolvimento do WebGeovisualizador considerou a escolha ou preferência do usuário na indicação dos comandos de inicialização, interatividade e associação com o Google Maps.

### 4 Resultados do estudo de caso

O estudo de caso exemplifica a utilização do WebGeovisualizador como ferramenta que auxilia a tomada de decisão de implantar uma CGH na região da Zona da Mata, Estado de Minas Gerais. O estudo de caso baseou-se na geovisualização da sobreposição de camadas de dados geográficas e conhecimentos gerados por operações espaciais. Este conjunto de dados e conhecimentos foi, por sua vez, disponibilizado por meio do desenvolvimento de uma IDE de propósito específico.

Para auxiliar na escolha do lugar da implantação da CGH, o empreendedor observa no mapa de caracterização geográfica, mostrado na Figura 3, a sua área de estudo e análise, ou seja, os limites políticos municipais. Nesse exemplo, os limites políticos dos 142 municípios e das sete microrregiões do sudeste de Minas Gerais [42], representam a articulação espacial de processos naturais e sociais formando a Zona da Mata, no espaço localizado entre os paralelos 19°49' e 20°14' sul.



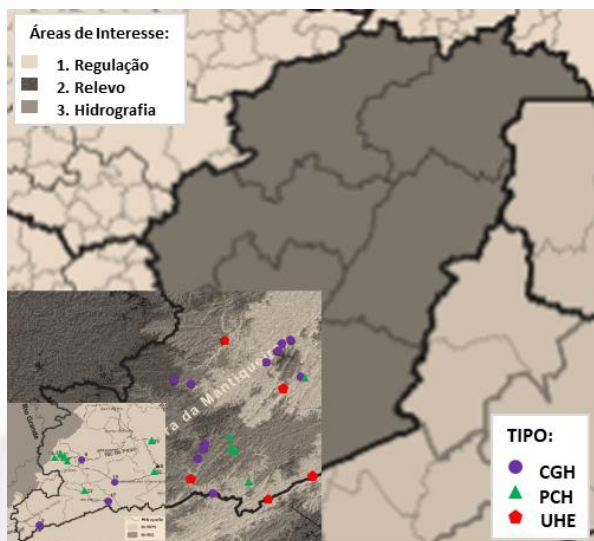


Figura 6: Mapeamento das áreas consideradas pelo empreendedor ao longo do processo de tomada de decisão de implantação de uma CGH.

## 5 Conclusões

O WebGeovisualizador permitiu visualizar camadas de dados de entidades geográficas, que por sua vez foram estruturados, atualizados e centralizados em uma IDE, evitando assim falsas interpretações ou erros no processo de tomada de decisão sobre o território.

Os resultados mostram que a exploração visual dos cenários geográficos, por meio de representações cartográficas, pode ser rapidamente assimilada, e até mesmo alterada conforme a área desejada, como no caso da análise ambiental. Trata-se então, de um WebGeovisualizador para a área em estudo, podendo ser ainda inseridas mais informações sobre as diversas camadas de geotopologia existentes. A ferramenta fornece uma visualização rápida, simplificada e de baixo custo, uma vez que existe uma grande variedade de bancos de dados espaciais e aplicativos de software de geoprocessamento de acesso livre [43]. Por outro lado, a disponibilização do conjunto de dados e mapas com qualidade e precisão exigem habilidades específicas de geoprocessamento (cartografia temática [44]), as quais são, normalmente, difíceis de adquirir em um curto espaço de tempo.

Ao não exigir tais habilidades, a utilização da IDE e do WebGeovisualizador fornecem uma melhor compreensão das diversas variáveis analisadas, permitindo reduzir a área alvo de investigação de implantação da CGH. No estudo de caso da Zona da Mata Mineira, essa área de investigação foi reduzida para apenas 5,8% da área original. Essa funcionalidade atende ao objetivo proposto de desenvolver uma ferramenta de geovisualização de auxílio a empreendedores de CGH.

Considerando os resultados do estudo de caso apresentados, argumenta-se que os benefícios gerados pelo WebGeovisualizador justificam os investimentos no

aprendizado de conceitos de geografia aplicada e visualização de dados. Este argumento fortalece a abordagem da geografia como ciência multidisciplinar, agregadora de conhecimentos para o auxílio à tomada de decisão na engenharia elétrica, em outras engenharias e em outras áreas do conhecimento.

A demanda de responsabilidades ambientais sobre os empreendedores, produzida pela sociedade e especialmente pelas organizações de fiscalização, tem aumentado significativamente nos últimos anos. Isso aumenta a importância e a relevância do WebGeovisualizador, que é uma ferramenta de geovisualização desenvolvida para auxiliar o empreendedor na avaliação ambiental integrada durante o processo de estudo e análise de implantação de uma central geradora hidrelétrica (CGH).

Entre os possíveis trabalhos futuros, destacam-se:

- realização de outros estudos de caso com a utilização e avaliação da IDE e do WebGeovisualizador, no mesmo contexto, em outras áreas geográficas e em outras áreas de empreendimento que necessitam de visualização de informações georreferenciadas;
- melhorias na IDE e no WebGeovisualizador desenvolvidos; e
- generalização dos resultados após a realização de vários estudos de caso em diferentes contextos.

## Referências

- [1] Laudares, S. **Geotecnologia ao Alcance de Todos**. Curitiba – PR: Editora Appris, 2014.
- [2] MacEachren, A. M.; Gahegan, M.; Pike, W.; Brewer, I.; Cai, G.; Len, E. Geovisualization for knowledge construction and decision support. **Computer Graphics and Applications, IEEE**, Pennsylvania, 2004.
- [3] Da Silva, J. X.; GOES, M. H. d. B. Geoinclusão: um Caminho do Dado à Informação. **Revista de Geografia**, vol. 1, nº 1, pp. 1-5, 2011.
- [4] Sotchava, V. B. **O estudo de geossistemas**. São Paulo: USP, 1977.
- [5] Brasil, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Guia do Empreendedor De Pequenas Centrais Hidrelétricas**. ANEEL, Brasília – DF, 2003.
- [6] ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **RESOLUÇÃO 652, Estabelece os critérios para o enquadramento de Central Hidrelétrica (PCH)**. Brasília: D.O de 10.12.2003, seção 1, p. 90, v. 140, n. 240, 2003.
- [7] Da Silva, J. X.; Zaidan, R. T. **Geoprocessamento para Análise Ambiental: Aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.
- [8] CONCAR – COMISSÃO NACIONAL DE CARTOGRAFIA. **Plano de Ação para Implantação da INDE: Infraestrutura de Dados Espaciais**. Brasília: Ministério do Planejamento, 2010. 203p.
- [9] Moreira, T. S.; Reis Filho, A. A.; Pitombeira, K. M. Procedimentos e normas para a infraestrutura de dados espaciais/Procedures and rules for space data infrastructure. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 1, p. 901-914, 2018.
- [10] Loti, L. B. S.; Medeiros, N. G.; Santos, A. P.; Lisboa Filho, J. Análise da Conformidade dos Templates Disponíveis na INDE com o Perfil de Metadados Geoespaciais do Brasil.

- In: **XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia**, 2017. p. 1176-1180.
- [11] Lisboa Filho, J.; da Matta Vegi, L. F.; de Souza, W. D.; Lamas, J. P. C.; da Silva Costa, G. L.; de Oliveira, W. M.; da Silva Carrasco, R.; Ferreira, T. G.; Baia, J. W. Uma infraestrutura de dados espaciais para o projeto GeoMINAS com metadados definidos no perfil MGB da INDE. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 64/5, 2013.
- [12] He Ping, Z.; Jian Li, H. Hydropower Station Construction and the Land Cover Change – A Case Study in Manwan Hydropower Station. *2nd International Conference on Remote Sensing, Environment and Transportation Engineering (RSETE)*. IEEE, p. 1, Nanjing, 2012.
- [13] Duan, Z.; Ma, S.; Li, G.; Cheng, J. The discussion of landscape planning and ecology restoration of Hydropower Project base on temporal and spatial perspective. **Multimedia Technology (ICMT) International Conference on. IEEE**, pp. 4178-4181, Hangzhou, 2011.
- [14] Moreira, R. **O que é Geografia?**. São Paulo: Brasiliense, 2009.
- [15] D'Alge, J. C. L.; Goodchild, M. F. Generalização Cartográfica, Representação do Conhecimento e SIG. **VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, p. 147-151., Salvador, 1996.
- [16] Gomes, S. A. Cartografia Multimídia: possibilidade para a produção de novos conhecimentos geográficos. **Brazilian Geographical Journal: Geociences and Humanities Research Medium**, vol. v. 1, p. 116-135, 2010.
- [17] Castro, J. F. M. Comunicação cartográfica e visualização cartográfica. **Boletim Paulista de Geografia**, n. 87, p. 66-83, 2017.
- [18] Ramos, C. d. S. **Visualização Cartográfica e Cartografia Multimídia: conceitos e tecnologias**. São Paulo: Ed. UNESP, 2005.
- [19] Ralston, B. A.; Streufert, J. A. Efficient generation of area thematic maps in KML. *XVI ACM SIGSPATIAL international conference on Advances in geographic information systems*. New York, NY, 2008.
- [20] Maceachren, A. M.; Kraak, M. J. Research Challenges in Geovisualization. **Cartography and Geographic Information Science**, vol. vol. 28, nº 1, p. 111., 2001.
- [21] Da Cruz, S. A. B.; Silva, J. d. S. V. d.; Macário, C. G. d. N. Uma Arquitetura de WebGIS para Visualização de Dados Geoespaciais do Pantanal. **Simpósio de Geotecnologias no Pantanal**, 5. p. 990-997., Campo Grande, 2014.
- [22] Edsall, R. M. Challenging conventions for geovisualization interface design: implications for exploratory data analysis. **Ninth International Conference on. IEEE**, p. 642-647., Tempe, 2005.
- [23] Koua, E. L.; Kraak, M. J. A usability framework for the design and evaluation of an exploratory geovisualization environment. **Information Visualisation**, pp. 153 - 158, 2004.
- [24] Montanari, M. V.; Lisboa Filho, J. Um Modelo para Geoportal Corporativo Baseado em Infraestrutura de Dados Espaciais: um estudo de caso para a Companhia Energética de Minas Gerais. **X SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO**, Londrina, 2014.
- [25] Iescheck, A. L.; Paolazzi, C.; Sluter, C. R.; Camboim, S. P. (2016). Metodologia para geração de bases de dados geoespaciais em consonância com a infraestrutura nacional de dados espaciais (INDE) e com os padrões de interoperabilidade do governo eletrônico (e-PING). **Revista Brasileira de Cartografia**, 68(7).
- [26] Oliveira, L.; Rocha, A.; Coelho, A.; Dias, L.; Rodrigues, A.; Sousa, M.; Silva, D. Implementing a regional spatial data infrastructure based on free software. *7th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*. IEEE, 2012. pp. 1-5., Portugal, 2012.
- [27] UFV, Universidade Federal de Viçosa. **Infraestrutura de dados espaciais geominas**, UFV, 2011. [Online]. Disponível em: [www.ide.ufv.br/geominas](http://www.ide.ufv.br/geominas). [Acesso em junho 2016].
- [28] Moura, A. C. M. A Importância dos Metadados no uso das Geotecnologias e na Difusão da Cartografia Digital. **II Seminário Nacional sobre Mapeamento Sistemático – CREA-MG**, Belo Horizonte, 2005.
- [29] Roy, S.; Das, S. Spatial data infrastructures: Its metadata and analysis, In: *4th International Symposium on Emerging Trends and Technologies in Libraries and Information Services (ETTLIS)*, 2015. IEEE, p. 43-51, Noida, 2015.
- [30] Scholten, M.; Klamma, R.; Kiehle, C. Evaluating performance in spatial data infrastructures for geoprocessing. **Internet Computing, IEEE**, vol. 10, nº 5, pp. 34-41, 2006.
- [31] ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica, **BIG - Banco de Informações de Geração**. ANEEL, 2016. [Online]. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>. [Acesso em junho 2016].
- [32] ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico**. ANEEL, 2016. [Online]. Disponível em: <http://sigel.aneel.gov.br/sigel.html>. [Acesso em junho 2016].
- [33] Davis, C. J. Objetos espaciais em banco de dados relacional. **Revista InfoGEO**, pp. 46-48, 2001.
- [34] EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **WEBMAP Interativo do sistema energético brasileiro**. EPE, 2009. [Online]. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/Paginas/WEBMAP.aspx>. [Acesso em Junho 2016].
- [35] IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cartas Topográficas Vetoriais do Mapeamento Sistemático**. IBGE, 2005. [Online]. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/download/arquivos/index1.shtml>. [Acesso em JUNHO 2006].
- [36] IGAM, Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Mapoteca**. IGAM, [Online]. Disponível em: <http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/mapas-e-bases-cartograficas>. [Acesso em Junho 2016].
- [37] ANA, Agência Nacional de Águas. **GeoNetwork**. ANA, 2000. [Online]. Disponível em: <http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home>. [Acesso em Junho 2016].
- [38] ANA, Agência Nacional de Águas. **Hidroweb**. ANA, 2016. [Online]. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/>. [Acesso em Junho].
- [39] Weber, E.; Hasenack, H.; Ferreira, C. J. S. Adaptação do modelo digital de elevação do SRTM para o sistema de referência oficial brasileiro e recorte por unidade da federação. **UFRGS Centro de Ecologia**, pp. 978-85, 2004.
- [40] McCoy, J.; Johnston, K. **Using ArcGIS spatial analyst: GIS by ESRI**. Environmental Systems Research Institute, 2001.
- [41] Albertoni, R.; Bertone, A.; de Martino, M. Visual analysis of geographic metadata in a spatial data infrastructure.



*15th International Workshop on Database and Expert Systems Applications*. IEEE, p. 861-865, Zaragoza, 2004.

- [42] IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Divisão Regional do Brasil em Mesorregiões e Microrregiões Geográficas**. Ministério da Economia, Rio de Janeiro, 1990.
- [43] Milaré, G.; da Silva, N. M.; Paranhos Filho, A. C. Cenário do uso de software livre em Sistemas de Informações Geográficas (SIG) no Brasil. *Anuário do Instituto de Geociências* 39.3 (2016): pp. 111-115.
- [44] Anderson, P. S. *Princípios de cartografia básica*. Rio de Janeiro: Fundação IBGE (1982).