

PRISCILA DE LIMA E SILVA

**METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DA USABILIDADE E CONSISTÊNCIA
LÓGICA EM INFRAESTRUTURAS DE DADOS ESPACIAIS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

Orientador: Afonso de Paula dos Santos

Coorientador: Jugurta Lisboa Filho

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2023

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

S586m
2023
Silva, Priscila de Lima e, 1994-
Metodologia para avaliação da usabilidade e consistência
lógica em infraestrutura de dados espaciais / Priscila de Lima e
Silva. – Viçosa, MG, 2023.
1 tese eletrônica (160 f.): il. (algumas color.).

Inclui anexo.

Inclui apêndices.

Orientador: Afonso de Paula dos Santos.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Engenharia Civil, 2023.

Inclui bibliografia.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2024.085>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Engenharia auxiliada por computador. 2. Dados
geoespaciais - Avaliação. 3. Programação heurística. 4. Espaços
topológicos. I. Santos, Afonso de Paula dos, 1984-.
II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia
Civil. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.
III. Título.

CDD 22. ed. 620.00420285


PRISCILA DE LIMA E SILVA

**METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DA USABILIDADE E CONSISTÊNCIA
LÓGICA EM INFRAESTRUTURAS DE DADOS ESPACIAIS**


Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

Aprovada: 20 de dezembro de 2023.

Assentimento:

Documento assinado digitalmente
 PRISCILA DE LIMA E SILVA
Data: 04/03/2024 16:06:51-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Priscila de Lima e Silva
Autora

Documento assinado digitalmente
 AFONSO DE PAULA DOS SANTOS
Data: 04/03/2024 17:05:08-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Afonso de Paula dos Santos
Orientador

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida. À minha família, que apesar da distância sempre se fizeram presentes. Em especial minha mãe Silvana que nunca mediu esforços para me apoiar em meus sonhos. E aos meus irmãos Jardel e Daiane, por todo amor e apoio.

Ao meu noivo, parceiro e amigo Luís Otávio, por todo apoio, compreensão, amor e incentivo, não só para a conclusão deste trabalho, mas em tudo na vida. Aos meus sogros Zé e Eliana, por todo carinho e apoio.

A Lara, maior presente da minha vida! Que embora ainda nem esteja em meus braços, já mudou tudo, trazendo sentido e sentimentos inexplicáveis. Ensinando que os planos, não são nada além de planos, os acontecimentos e cursos da vida, podem ser surpreendentemente mais necessários e lindos, que qualquer sonho ou idealização.

Ao meu orientador Afonso, por todos os ensinamentos transmitidos ao longo da graduação e pós-graduação, por todo o apoio para o desenvolvimento dos trabalhos, por ser exemplo de profissional e inspiração para a carreira em docência. Ao meu coorientador Jugurta, pela dedicação e ensinamentos transmitidos ao longo da pós-graduação, por me orientar no mestrado e doutorado, contribuindo para o desenvolvimento dos trabalhos e aprendizado.

À UFV, pelas oportunidades de aprendizado e infraestrutura disponibilizada para conclusão do meu ensino médio, técnico, graduação, mestrado e doutorado. Agradecimento especial ao DEC, a Engenharia de Agrimensura e Cartográfica, todos os professores e técnicos, que contribuíram para minha formação técnica, aprendizado e crescimento pessoal, ao longo de toda minha trajetória acadêmica. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

A todos meus amigos, que sempre me apoiaram, torceram e entenderam que os vínculos criados, as experiências vividas, transcendem a distância física. Em especial aos amigos da rural, que me acompanharam e apoiaram ao longo da trajetória do doutorado.

Aos participantes que preencheram os formulários e contribuíram com o desenvolvimento da pesquisa. Enfim, a todos que me apoiaram e torceram por mim.

RESUMO

SILVA, Priscila de Lima e, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2023.
Metodologia para avaliação da usabilidade e consistência lógica em Infraestruturas de Dados Espaciais. Orientador: Afonso de Paula dos Santos.
Coorientador: Jugurta Lisboa Filho.

Uma Infraestrutura de Dados Espaciais (IDE) é uma plataforma que permite o compartilhamento de informações espaciais, através de padrões e políticas bem definidas entre os envolvidos, tornando públicas as informações existentes para que essas possam ser reutilizadas. No entanto, para que uma IDE atinja seus propósitos é necessário que ela possua qualidade e mecanismos para garantir a sua manutenção. Desta forma, tem-se como objetivo propor métodos para avaliar nas IDE os elementos consistência lógica e usabilidade; e aplicá-los na IDE-Sisema, que é a IDE do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Sisema) de Minas Gerais. Ao avaliar a consistência lógica de uma IDE, torna-se possível analisar se os padrões, normas, políticas e tecnologias empregadas em sua concepção possibilitam a interoperabilidade no compartilhamento de informações heterogêneas e se está sendo atingido o objetivo principal de compartilhar dados e metadados que realmente possam ser acessados e reutilizados. A usabilidade possibilita avaliar se o sistema em análise atende as requisições do usuário, sendo avaliado sua eficácia, eficiência e o nível de satisfação. Esta pode ser analisada através de métodos mais subjetivos, como aplicação de questionários e de tarefas a serem executadas pelos usuários e também por meio da verificação do cumprimento de padrões, como as heurísticas de usabilidade. Tomando como base as definições das normas ISO 19157, ISO 2859-1, ISO 2859-2, a Especificação Técnica para Controle de Qualidade de Dados Geoespaciais (ET-CQDG) e o apresentado por Ureña-Cámara et al. (2019), foi proposto um método para avaliação completa da consistência lógica em uma IDE, por meio da avaliação de uma amostragem dos dados e metadados compartilhados, apresentando as medidas a serem avaliadas e elucidando a forma de análise para cada uma. Pelo estudo de caso desenvolvido para a IDE-UFV, que é uma IDE Acadêmica da Universidade Federal de Viçosa, foi possível avaliar a aplicabilidade do método e evidenciar a necessidade de análise da consistência lógica em uma IDE.

Em relação a usabilidade, foi proposto o questionário HEUA-SDI, onde por meio de tarefas os usuários podem avaliar se a IDE em análise atende as heurísticas de usabilidade. Desta forma a avaliação considera a subjetividade das opiniões dos usuários e também é baseada nos requisitos tecnológicos que devem ser atingidos em termos de usabilidade, possibilitando determinar métricas de usabilidade, avaliando-a quantitativamente, e levantar informações a respeito da satisfação dos usuários, analisando-a qualitativamente. Foram aplicados questionários pilotos em 16 IDE brasileiras, proporcionando um diagnóstico geral dessas infraestruturas, demonstrando que o método é aplicável, apesar da heterogeneidade de objetivos, padrões, políticas, normas e tecnologias definidas para as infraestruturas. A análise da usabilidade e consistência lógica da IDE-Sisema, propiciou um diagnóstico da IDE, atestando a sua qualidade, visto que ela atingiu bons índices dentre as análises desenvolvidas. Ademais, possibilitou identificar as melhorias necessárias, tanto na visão dos usuários, quanto na qualidade dos dados e metadados disponibilizados, além do observado em termos do cumprimento dos padrões e interoperabilidade proporcionada pelas tecnologias empregadas.

Palavras-chave: Heurísticas de Usabilidade; Consistência Conceitual; Consistência de Domínio; Consistência de Formato; Consistência Topológica.

ABSTRACT

SILVA, Priscila de Lima e, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, December, 2023. **Methodology for evaluating usability and logical consistency in Spatial Data Infrastructures.** Adviser: Afonso de Paula dos Santos. Co-advisers: Jugurta Lisboa Filho.

A Spatial Data Infrastructure (SDI) is a platform that allows the sharing of spatial information, through well-defined standards and policies between those involved, making existing information public so that it can be reused. However, for an SDI to achieve its purposes, it must have quality and mechanisms to guarantee its maintenance. In this way, the objective is to propose methods to evaluate the elements of logical consistency and usability in SDIs; and apply them to the IDE-Sisema, which is the SDI of the State System for the Environment and Water Resources (Sisema) of Minas Gerais. By evaluating the logical consistency of an SDI, it becomes possible to analyze whether the standards, norms, policies and technologies used in its design enable interoperability in sharing heterogeneous information and whether the main objective of sharing data and metadata that actually can be accessed and reused. Usability makes it possible to evaluate whether the system under analysis meets user requests, evaluating its effectiveness, efficiency and level of satisfaction. This can be analyzed through more subjective methods, such as applying questionnaires and tasks to be performed by users and also through checking compliance with standards, such as usability heuristics. Based on the definitions of ISO 19157, ISO 2859-1, ISO 2859-2, the Technical Specification for Geospatial Data Quality Control (ET-CQDG) and what was presented by Ureña-Cámara et al. (2019), a method was proposed for the complete evaluation of logical consistency in an SDI, through the evaluation of a sampling of shared data and metadata, presenting the measures to be evaluated and elucidating the form of analysis for each one. Through the case study developed for the IDE-UFV, which is an Academic SDI at the Federal University of Viçosa, it was possible to evaluate the applicability of the method and highlight the need to analyze logical consistency in an SDI. In relation to usability, the HEUA-SDI questionnaire was proposed, where through tasks users can evaluate whether the SDI under analysis meets the usability heuristics, in this way the evaluation considers the subjectivity of

users' opinions and is also based on the requirements technological aspects that must be achieved in terms of usability. Making it possible to determine usability metrics, evaluating them quantitatively, and collecting information about user satisfaction, analyzing them qualitatively. Pilot questionnaires were applied to 16 Brazilian SDIs, providing a general diagnosis of these infrastructures, demonstrating that the method is applicable, despite the heterogeneity of objectives, standards, policies, norms and technologies defined for infrastructures. The analysis of the usability and logical consistency of the IDE-Sisema provided a diagnosis of the SDI, attesting to its quality, as it achieved good rates among the analyzes developed. Furthermore, it made it possible to identify the necessary improvements, both from the users' perspective and in the quality of the data and metadata made available, in addition to what was observed in terms of compliance with standards and interoperability provided by the technologies used.

Keywords: Usability Heuristics; Conceptual Consistency; Domain Consistency; Format Consistency; Topological Consistency.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	10
1.1. Introdução	10
1.2. Problema da pesquisa	13
1.3. Hipóteses.....	16
1.4. Objetivos	16
1.4.1 Objetivo Geral.....	16
1.4.2 Objetivos Específicos	16
1.5. Justificativa	17
1.6. Estruturação do trabalho.....	19
Referências Bibliográficas	21
2. AVALIAÇÃO DA CONSISTÊNCIA LÓGICA EM INFRAESTRUTURAS DE DADOS ESPACIAIS (IDE)	28
2.1. Introdução	28
2.2. Avaliação da consistência lógica em uma IDE	32
2.2.1. Avaliação da consistência lógica dos metadados de uma IDE	40
2.2.2. Avaliação da consistência lógica dos dados de uma IDE	44
2.3. Estudo de caso: Avaliação da consistência lógica na IDE-UFV	50
2.3.1. Avaliação da consistência lógica dos metadados da IDE-UFV	51
2.3.2. Avaliação da consistência lógica dos dados da IDE-UFV	55
2.4. Conclusão.....	59
Referências Bibliográficas	62
3. MÉTODO HEUA-SDI PARA AVALIAÇÃO DA USABILIDADE DE INFRAESTRUTURAS DE DADOS ESPACIAIS	67
3.1. Introdução	67
3.2. Bibliometria sobre a avaliação da usabilidade em IDE	69
3.3. Avaliação da usabilidade em sistemas de disponibilização de informações espaciais	75
3.4. Usuários considerados em avaliação de usabilidade de sistemas Web de disponibilização de informações espaciais	80

3.5.	Método HEUA-SDI para análise da usabilidade de IDE	81
3.6.	Aplicação de questionários pilotos	86
3.7.	Conclusão.....	91
	Referências Bibliográficas	93
4.	AVALIAÇÃO DA USABILIDADE, PELO MÉTODO HEUA-SDI, E CONSISTÊNCIA LÓGICA DA INFRAESTRUTURA DE DADOS ESPACIAS, IDE-SISEMA.....	100
4.1.	Introdução	100
4.2.	IDE-Sisema	103
4.3.	Avaliação da Usabilidade da IDE-Sisema.....	107
4.4.	Avaliação da Consistência Lógica da IDE-Sisema	112
4.5.	Considerações Finais	123
	Referências Bibliográficas	125
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	129
	APÊNDICE A	134
	APÊNDICE B	137
	APÊNDICE C	143
	APÊNDICE D	144
	APÊNDICE E	147
	APÊNDICE F.....	151
	APÊNDICE G.....	152
	ANEXO 1.....	154

1. INTRODUÇÃO GERAL

1.1. Introdução

Atualmente, os dados e as informações espaciais são necessários em diversos setores, públicos e privados como, por exemplo, para a administração, conhecimento e planejamento do território, análises ambientais, na área da saúde, econômica, entre outros. No entanto, além da produção dos dados é preciso permitir e facilitar o uso das informações já existentes, e assim, a disponibilização da geoinformação tornou-se fundamental para o desenvolvimento econômico, ambiental e social (MOREIRA et. al., 2019).

A aquisição e produção de informações espaciais é onerosa, o que requer tempo e recursos financeiros, desta forma, organizações começaram a vislumbrar as vantagens que o compartilhamento das informações já existentes poderia propiciar (RAJABIFARD e WILLIAMSON, 2001). Por esta perspectiva, surgiu o conceito de Infraestrutura de Dados Espaciais (IDE), que pode ser vista como uma plataforma *online* que interliga os produtores de dados, os fornecedores e os agregadores de valor aos utilizadores dos dados (RAJABIFARD e WILLIAMSON, 2005; RAJABIFARD et al., 2006, ALBA e ANDRÉS, 2021).

A evolução das IDE no mundo foi impulsionada pela conscientização da disponibilização dos dados geoespaciais de uso comum, principalmente as informações cadastrais dos territórios nacionais. Os órgãos públicos foram os pioneiros no desenvolvimento de infraestruturas, mas o conceito de IDE se difundiu para outros atores da sociedade (BRASIL, 2010). No Brasil, atualmente, existem IDE disponibilizadas em diversas esferas, como a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE), infraestruturas estaduais como a Infraestrutura de Dados Espaciais de São Paulo (IDE/SP), a Infraestrutura Estadual de Dados Espaciais do Rio Grande do Sul (IEDE/RS), infraestruturas municipais como a da prefeitura de Belo Horizontes (IDE-BHGEO), infraestruturas acadêmicas como a IDE da Universidade Federal do ABC (UFABC/SP), entre diversos outros exemplos.

Uma IDE vai além dos dados, é composta também pelas tecnologias, redes de acesso, políticas, normas técnicas e recursos humanos, necessários para

fornecer um ambiente propício para o uso, gerenciamento e produção de dados geográficos (RAJABIFARD e WILIAMSON, 2001; RAJABIFARD et al., 2006). Neste sentido, no desenvolvimento de uma IDE devem ser definidas ou adotadas as normas que irão padronizar a publicação dos dados geoespaciais, garantindo a interoperabilidade das informações. Para que a IDE cumpra o seu propósito de compartilhamento de informações, possibilitando que os dados espaciais sejam reutilizados, evitando maiores custos na produção e aquisição de informações geoespaciais, deve-se levar em consideração a qualidade cartográfica (SANTOS et al., 2018).

De acordo com a norma ISO 19.157 (ISO, 2013) a qualidade refere-se “à totalidade das características de um dado que lhe conferem aptidões para satisfazer necessidades implícitas ou explícitas”. Desta forma, o controle de qualidade de um produto cartográfico visa informar a qualidade deste, indicando as possíveis destinações de utilização dos dados espaciais avaliados (SANTOS et al., 2016).

No Brasil foi definida a Especificação Técnica para Controle de Qualidade de Dados Geoespaciais (ET-CQDG) que, em conformidade com a norma ISO 19157:2013, fornece uma padronização para avaliar a qualidade dos produtos de conjunto de dados geoespaciais (DSG, 2016). De acordo com a ISO 19157 e o IBGE (2017), existem seis elementos de qualidade a serem observados em produtos cartográficos: consistência lógica, completude, acurácia posicional, acurácia temática, acurácia temporal e usabilidade. No entanto, a ISO 19157 deixa claro que no processo de avaliação de produtos cartográficos pode-se definir outros elementos para avaliação da qualidade.

Uma IDE é formada por dados espaciais desenvolvidos por diferentes membros, empregando tecnologias distintas, assim as acurácias (posicional, temática e temporal) e a completude em uma IDE variam de dado a dado. Se fazendo necessária a descrição detalhada de cada dado incorporado a IDE, através de metadados, para que o usuário seja capaz de definir se é possível a utilização daquele dado para a sua necessidade (GOTTARDO e BARBOSA, 2021).

Metadados são informações sobre um determinado dado, o Decreto nº 6.666/08 define os metadados para informações geoespaciais como:

“Conjunto de informações descritivas sobre os dados, incluindo as características do seu levantamento, produção, qualidade e estrutura de armazenamento, essenciais para promover a sua documentação, integração e disponibilização, bem como possibilitar a sua busca e exploração”.

O uso efetivo dos dados espaciais pode ser inibido devido à falta de conhecimento da existência dos dados, informações mal documentadas e inconsistências dos dados. Além disso os dados espaciais têm uma natureza dinâmica e podem ser destinados a diversos fins. Por estes aspectos, metadados são um requisito essencial para localizar, avaliar e permitir o uso efetivo dos dados disponíveis (GSDI, 2004).

Em uma IDE as pessoas ou atores representam um dos componentes centrais da infraestrutura, sendo considerados os produtores de informação, os gestores e os usuários. Os usuários compõem o grupo chave de atores de uma IDE, pois, a infraestrutura é construída em função das necessidades destes indivíduos, considerando sua opinião, capacidade de decisão e grau de satisfação (BRASIL, 2010; ALBA e ANDRÉS, 2021).

Podem ser considerados como usuários todos os que utilizam os dados, serviços e metadados fornecidos pela IDE. Dentre estes usuários, podem-se destacar os integrantes de órgãos públicos, da iniciativa privada, de organizações civis, das organizações não-governamentais (ONGs) e cidadãos, definidos como usuário comum ou individual, que não está vinculado a nenhuma organização ou entidade (BRASIL, 2010; BERNABÉ-POVEDA e LÓPEZ-VAZQUEZ, 2012). Os produtores também se enquadram como potenciais usuários de uma IDE (BUDHATHOKI et al., 2008).

Os usuários podem ser de diferentes tipos devido a sua capacidade em explorar os dados e utilizar os serviços. Desta forma, podem ser discretizados em usuários básicos ou especialistas em Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e IDE (ALBA e ANDRÉS, 2021).

A maioria das IDE consideram usuário final como um receptor passivo de produtos espaciais. Entretanto, os avanços nas pesquisas e utilização de Informações Geográficas Voluntárias (VGI) demonstram que este conceito pode ser repensado, pois o usuário também pode contribuir com o fornecimento de informações (BUDHATHOKI et al., 2008).

1.2. Problema da pesquisa

Como o apresentado, um dos principais objetivos de uma IDE é o compartilhamento de dados espaciais. No entanto estes dados são heterogêneos, por serem provenientes de diversas fontes, se encontram em formatos distintos, com escalas e precisões diferentes. Logo, em relação a parte tecnológica de uma IDE, observa-se a importância de adotar uma arquitetura computacional flexível e aberta, e definir com clareza os dados e formatos que serão suportados.

Desta forma, existe a necessidade de avaliar a consistência lógica em uma IDE, para que apesar da heterogeneidade dos dados e informações, seja possível integrá-los e compartilhá-los a partir da infraestrutura. Por meio da consistência lógica é avaliado o cumprimento das regras lógicas da estrutura dos dados, dos atributos, formato de arquivos e das relações (DSG, 2016). Este elemento de qualidade é subdividido em: consistência conceitual, consistência de domínio, consistência de formato e consistência topológica.

Diversos trabalhos tiveram como objetivo avaliar a consistência lógica, sendo que na maioria foi analisado a consistência lógica de bases cartográficas e dados espaciais, como Barros e Carneiro (2013), Chudý et al. (2013), Salisso Filho (2013), Maranhão e Carneiro (2016), Drobnyak et al. (2016), Ramos et al. (2016), Guimarães Filho et al. (2020), Lazorenko-Hevel et al. (2021), França e Portugal (2022) e Passos et al. (2023). Outros avaliaram a consistência lógica das informações disponibilizadas pela OpenStreetMap, como Girres e Toyoua (2010), Hashemi e Abbaspour (2015), Yagoub (2017) Zacharopoulou et al. (2021) e Borkwoska e Pokonieczny (2022). E Ureña-Cámara et al. (2019), propuseram medidas para avaliar a qualidade de metadados espaciais, considerando os cinco elementos da qualidade cartográfica, inclusive a consistência lógica.

Embora muitos trabalhos tenham considerado a avaliação da consistência lógica, nenhum teve como foco principal a avaliação de uma IDE como todo. Desta forma, observa-se essa lacuna, pois além dos dados e metadados, as IDE possuem outros componentes, e avaliar a consistência lógica dessas plataformas, irá possibilitar diagnosticar se o conjunto da arquitetura

computacional, padrão, normas e objetivos definidos garantem a interoperabilidade do sistema e estão sendo atingidos.

Além de garantir a interoperabilidade dos dados disponibilizados, para que uma IDE atinja toda sua potencialidade ela deve possuir uma interface amigável, fornecendo ferramentas que permitam as análises espaciais condizentes com o intuito para qual ela foi gerada, apresentando de forma clara seu objetivo, dispondo de arquivos de ajuda que orientem a sua utilização, além de outras funcionalidades básicas.

Neste sentido, em plataformas de compartilhamento de informações espaciais, incluindo as IDE, se faz necessário definir metodologias e empregá-las para avaliação de usabilidade como elemento de qualidade (HENZEN, 2018). A usabilidade analisa se um produto atende as especificações dos usuários, avaliando a eficácia, a eficiência e a satisfação do usuário em um contexto de uso específico (ISO, 2013; ARAÚJO et al., 2017).

Por estar relacionada ao nível de satisfação dos usuários, a usabilidade é um elemento subjetivo, o que torna complexa a sua avaliação. Neste sentido, alguns métodos já foram testados e empregados para avaliar a usabilidade de sistemas que disponibilizam informações espaciais, sendo alguns baseados na avaliação direta pelo usuário, como a aplicação de questionários e avaliação de resolução de tarefas (HE et al., 2012; ZWIROWICZ-RUTKOWSKA, 2016; GONZÁLES-CAMPOS et al., 2017; ARAÚJO et al., 2017; BAZARGAN et al., 2017; KOMARKOVA et al., 2017; MAHMOUD, 2017; JESUS et al., 2018; PANCHAUD e HURNI, 2018; LANDETA et al., 2019; KALANTARI et al., 2020; MARTINS et al., 2022); e outros avaliando a usabilidade da interface sem a presença do usuário, podendo-se destacar a inspeção de recomendações ergonômicas e a avaliação heurística (PICANÇO JÚNIOR E DELAZARI, 2016; BLAKE et al., 2017; MACIEL, 2018; MARTINS et al., 2021).

No entanto, avaliar a usabilidade somente considerando a visão do usuário pode impossibilitar uma avaliação completa se o sistema em análise atende de forma eficaz e eficiente os requisitos para qual foi proposto, ou seja, se o sistema faz de forma correta e faz da melhor forma possível, da maneira mais otimizada. Visto, que podem ser observadas situações em que um sistema desempenha corretamente as atividades para qual foi proposto, mas não da

maneira que o usuário espera, desta forma, este usuário poderá avaliar de forma negativa a eficácia do sistema. Além disso, ao aplicar um questionário ou definir quais tarefas um usuário tem que realizar, a avaliação será baseada no que foi contemplado nos questionários e tarefas, logo, se não existir um padrão a ser seguido a avaliação será incompleta.

Já os métodos de avaliação de usabilidade que dispensam a presença dos usuários não avaliam o seu nível de satisfação. Desta forma, por mais que o sistema em análise seja eficaz e eficiente, ele poderá não ser utilizado por diversos usuários que não estejam satisfeitos com sua interface, assim os recursos empreendidos para o desenvolvimento deste sistema serão sem propósito. Neste sentido, é recomendada a combinação de métodos para avaliação completa da usabilidade (MARTINS et al., 2013; KOMARKOVA et al., 2019).

A complexidade da avaliação da usabilidade é ainda potencializada ao se tratar de dados espaciais e sistemas que compartilham e possibilitam a interação com a geoinformação, como as IDE. Uma vez que os dados espaciais são complexos, por descreverem a geometria, posição sobre a superfície terrestre, estarem vinculados a informações alfanuméricas, além de possuírem relacionamentos topológicos. Logo, é necessário conhecimentos em cartografia para a correta manipulação e análise da geoinformação. Mas uma IDE está compartilhada na Internet para todos, portanto sua interface deve ser adequada a usuários com diferentes níveis de especialização cartográfica, se fazendo necessária a avaliação da sua usabilidade.

Diante o apresentado, observa-se a necessidade de desenvolvimento de estudos que visem apresentar formas para avaliar a usabilidade de IDE, combinando a satisfação dos usuários, mas também tendo como base um padrão que norteie as requisições que um sistema deve atender em termos de usabilidade. Visto, que apesar da existência de vários estudos, estes podem ser discretizados entre os que consideraram a visão do usuário, mas a definição de quais elementos precisavam ser avaliados não está padronizada, e aqueles que partiram de um padrão de usabilidade, mas a análise foi feita pelos próprios desenvolvedores dos sistemas.

1.3. Hipóteses

Diante do exposto, definem-se como hipóteses deste trabalho:

- É viável a proposição de um método para avaliar a consistência lógica em uma IDE, considerando os subelementos: consistência conceitual, consistência de formato, consistência de domínio e consistência topológica;
- É possível o desenvolvimento de um método único que possibilite avaliar a usabilidade de uma IDE considerando a subjetividade da satisfação dos usuários e, também, avaliar sua eficácia e eficiência de maneira quantitativa;
- A Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IDE-Sisema), por ser uma infraestrutura de nível estadual, que compartilha diversas informações espaciais referentes ao estado de Minas Gerais, e que tem atingido níveis elevados de acessos, oriundos de diversos municípios e países, apresenta qualidade em termos de consistência lógica e usabilidade.

1.4. Objetivos

1.4.1 Objetivo Geral

O objetivo principal deste trabalho é propor e aplicar metodologias que possibilitem avaliar a consistência lógica e a usabilidade em Infraestruturas de Dados Espaciais.

1.4.2 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos têm-se:

- Propor um método para avaliação em uma IDE dos quatro subelementos da consistência lógica: consistência conceitual, consistência de domínio, consistência de formato e consistência topológica;

- Propor um método para avaliação da usabilidade em IDE combinando a análise subjetiva de satisfação dos usuários e a avaliação de heurísticas da usabilidade;
- Definir métricas que possibilitem avaliar quantitativamente uma IDE em termos de usabilidade;
- Aplicar as metodologias propostas para avaliar a consistência lógica e usabilidade na IDE-Sisema.

1.5. Justificativa

É notória a crescente difusão de plataformas de compartilhamento de informações espaciais, incluindo as IDE. Uma IDE tem como principais objetivos organizar, documentar e compartilhar informações espaciais, para permitir a reutilização de dados já existentes, proporcionando economia de recursos para geração e aquisição de dados geoespaciais (ALBA e ANDRÉS, 2021).

No entanto, para que a infraestrutura atinja sua potencialidade se faz necessário que esta seja bem planejada, e que exista preocupação constante em atingir qualidade em relação aos objetivos pela qual a IDE foi concebida. Caso contrário, diversas infraestruturas serão disponibilizadas na Internet, mas não serão operacionais e poderão ficar inutilizáveis. Como o caso da Infraestrutura Estadual de Dados Espaciais de Minas Gerais (IEDE-MG), que embora esteja disponível online, tem parte de seus dados compartilhados também pela IDE-Sisema, logo é necessário avaliar se realmente é necessário a existência das duas IDE.

Em relação aos elementos da qualidade cartográfica, as acurácias (posicional, temática e temporal) e a completude são elementos que devem ser analisados para cada dado disponibilizado em uma infraestrutura. Ao se incorporar um dado a uma IDE, se faz necessário a documentação deste através de metadados, explicitando esses elementos de qualidade, para que o usuário tenha condições de avaliar se o dado em questão atende à sua finalidade (GOTTARDO e BARBOSA, 2021).

Já os outros dois elementos de qualidade, consistência lógica e usabilidade, podem e devem ser avaliados para a IDE como um todo. A consistência lógica possibilita avaliar se a IDE atende o objetivo principal de sua concepção, ou seja, se a infraestrutura compartilha dados e metadados que poderão ser acessados e reutilizados pelos usuários. E por meio da usabilidade pode-se avaliar se a IDE atende as requisições dos usuários, e se é eficaz e eficiente.

Embora a consistência lógica seja um dos elementos da qualidade cartográfica estabelecidos pela norma ISO 19157 e a ET-CQDG, normalmente é avaliado somente o subelemento consistência topológica, existindo a necessidade de estudos que difundam e exemplifiquem a avaliação completa, considerando todos os subelementos. E em uma IDE, como são compartilhados dados heterogêneos, a avaliação da consistência lógica deve ser feita para verificar se os padrões, normas e tecnologias definidos são suficientes para garantir a interoperabilidade e se os metadados e dados disponibilizados possuem qualidade em termos lógico, conceitual, de domínio e físico para realmente serem acessados e reutilizados.

Com o constante e acelerado avanço tecnológico a análise da usabilidade está em grande evidência, sendo aplicada para diversos intuitos, como avaliação de sites, softwares, aplicativos de smartphones, aparelhos eletrônicos e eletrodomésticos, entre outros. Em muitos casos a análise é empírica, através de questionários aplicados aos usuários. Existindo também métodos menos subjetivos, como a adoção de heurísticas de usabilidade. A análise de usabilidade é complexa, assim é recomendado adotar metodologias que combinem os diversos métodos para obter melhores resultados (MARTINS et al., 2013; KOMARKOVA et al., 2019). Logo, existe a necessidade de estudos para avaliar e propor metodologias que possam ser aplicadas para avaliar a usabilidade das IDE.

Nesse sentido, o presente estudo promoverá contribuições na avaliação da qualidade em IDE ao propor métodos para avaliação dos quatro subelementos da consistência lógica e para análise completa da usabilidade, considerando as opiniões dos usuários e também métodos menos subjetivos, como as heurísticas, que possibilitam avaliar quantitativamente a usabilidade. Além de

contribuir na avaliação da IDE-Sisema, que disponibiliza informações cartográficas referentes a todo o estado de Minas Gerais.

A IDE-Sisema é uma IDE do estado de Minas Gerais, que disponibiliza os dados geoespaciais oriundos das atividades, programas e projetos ambientais e de recursos hídricos desenvolvidos pelo Sisema (SISEMA, 2021). A IDE foi lançada em fevereiro de 2018 e em abril de 2020 já havia ocorrido mais de 500 mil acessos à plataforma, em 2021, a plataforma já havia atingido 1.120.000 acessos, oriundos de mais de 1.500 cidades em 80 países (SEMAD, 2021).

Em setembro de 2021 foi inaugurada a segunda versão da IDE-Sisema, com melhorias na interface e inclusão de novas camadas relacionadas à fauna doméstica (SEMAD, 2020; SEMAD, 2021). Em 2022, a IDE-Sisema foi novamente atualizada e melhorada, sendo lançada a sua terceira versão (SISEMA, 2022). Logo, avaliar a qualidade dessa infraestrutura, possibilitará realizar um diagnóstico, identificando possíveis melhorias e enfatizando os pontos positivos, decorrentes dos esforços destinados em sua constante manutenção e atualização.

1.6. Estruturação do trabalho

O presente trabalho está dividido em cinco tópicos, conforme segue:

- Capítulo 1: apresenta uma introdução geral sobre a avaliação da qualidade de Infraestruturas de Dados Espaciais, as hipóteses, os objetivos gerais e específicos, além da justificativa do presente estudo;
- Capítulo 2: artigo que propõem a avaliação da Consistência Lógica em Infraestruturas de Dados Espaciais (IDE). Apresenta um método para avaliação completa da consistência lógica em uma IDE, avaliando a consistência lógica dos dados e metadados, o que permite inferir a qualidade dos demais componentes de uma IDE. O método proposto é aplicado como estudo de caso para a IDE Acadêmica da Universidade Federal de Viçosa (UFV), denominada IDE-UFV, que foi desenvolvida por Silva et al. (2020).
- Capítulo 3: artigo que propõem o método HEUA-SDI para avaliação da usabilidade de IDE e apresenta uma revisão bibliométrica a respeito da avaliação da usabilidade em IDE. O método HEUA-SDI, permite a

avaliação da usabilidade de IDE, por meio da aplicação de um questionário, onde os usuários realizam tarefas avaliando se a infraestrutura em análise atende as heurísticas de usabilidade. O método proposto possibilita avaliar qualitativamente a satisfação dos usuários e, também, calcular métricas sobre a eficácia e eficiência da IDE em termos de usabilidade. Para avaliar a aplicabilidade do método proposto, foram aplicados questionários pilotos avaliando a usabilidade de 16 IDE brasileiras;

- Capítulo 4: artigo descrevendo a avaliação dos elementos de qualidade, usabilidade e da consistência lógica, da IDE-Sisema. Apresenta um estudo de caso para aplicação das metodologias propostas para avaliação da usabilidade e da consistência lógica de IDE, tendo como objeto de estudo a IDE-Sisema. Junto aos resultados e discussões, são apresentados os principais pontos positivos e as possíveis melhorias observadas para a IDE-Sisema;
- Capítulo 5: expõem as conclusões e considerações a respeito do trabalho desenvolvido.

A Figura 1 apresenta a Matriz Metodológica de Amarração (MMA) da pesquisa, destacando a distinção dos estudos desenvolvidos e a relação de cada um com as hipóteses abordadas.

Figura 1 – Matriz Metodológica de Amarração.

Questão central da pesquisa: Definição de metodologias que possibilitem avaliar a qualidade de Infraestrutura de Dados Espaciais, com intuito de identificar possíveis melhorias e diagnosticar se os objetivos definidos em sua concepção estão sendo atingidos.			
Objetivo Geral Propor e aplicar metodologias que possibilitem avaliar a consistência lógica e a usabilidade em Infraestruturas de Dados Espaciais.			
Título do estudo	Hipótese abordada	Objetivo geral do estudo	Técnicas de Análise
Avaliação da consistência lógica em Infraestruturas de Dados Espaciais (IDE)	É viável a proposição de um método para avaliar a consistência lógica em uma IDE, considerando os subelementos: consistência conceitual, consistência de formato, consistência de domínio e consistência topológica.	Apresentar uma metodologia para avaliar a consistência lógica em uma IDE, considerando as especificidades dessas infraestruturas e contemplando os quatro subelementos da consistência lógica.	- Revisão de literatura; -Preposição metodológica; - Estudo de caso para avaliar a aplicabilidade do método proposto.
Método HEUA-SDI para avaliação da usabilidade de Infraestrutura de Dados Espaciais	É possível o desenvolvimento de um método único que possibilite avaliar a usabilidade de uma IDE considerando a subjetividade da satisfação dos usuários e, também, avaliar sua eficácia e eficiência de maneira quantitativa.	Propor uma metodologia para a avaliação da usabilidade de uma IDE, considerando a subjetividade das opiniões dos usuários, e uma análise quantitativa do nível de qualidade que a IDE apresenta ao considerar as heurísticas de usabilidade.	- Revisão bibliométrica; - Preposição metodológica; - Análise quantitativa de dados.
Avaliação da usabilidade, pelo método HEUA-SDI, e consistência lógica da Infraestrutura de Dados Espaciais, IDE-SISEMA	A IDE-Sisema, por ser uma infraestrutura de nível estadual, que compartilha diversas informações espaciais referentes ao estado de Minas Gerais, e que tem atingido níveis elevados de acessos, oriundos de diversos municípios e países, apresenta qualidade em termos de consistência lógica e usabilidade	Avaliar a consistência lógica e a usabilidade da IDE-Sisema	- Levantamento de dados e metadados geoespaciais; - Análise de dados e metadados geoespaciais; - Aplicação de questionários; -Análise quantitativa e qualitativa dos dados obtidos.

Referências Bibliográficas

ABRAHAM, S. A., Usability Problems in GI Web Applications: A lesson from Literature. **AGILE: GIScience Series**, v. 2, p. 1-7, 2021.

ALBA, M. J. I.; ANDRÉS, A. N., **Infraestructuras de Datos Espaciales**. Centro Nacional de Información Geográfica, 1ª Edição, 713p., 2021.

ARAÚJO, V. O. H.; CAMPOS, M. E. G.; OLIVEIRA, R. A. A. C., Usabilidade: um estudo aplicado ao Visualizador da Infraestrutura de Dados Espaciais do Brasil (VINDE). **Revista Cartográfica**, n.95, p. 43-61, 2017.

BARROS, E. R. O.; CARNEIRO, A. F. T., Uma proposta de controle de qualidade de informações cadastrais de imóveis rurais. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 65/2, p. 265-281, 2013.

BAZARGAN, K.; REZAEIAN, A.; HAFEZNIA, H., Measuring and evaluating the user experience strategy maturity of spatial web-based projects: a case study of Tehran web-based map. In: **International Conference on Human-Computer Interaction**. Springer International Publishing, p. 631-644, 2017.

BERNABÉ-POVEDA, M. Á.; LÓPEZ-VÁZQUEZ, C. M., **Fundamentos de las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE)**. BibliotecaOnline SL, 1ª edición, 596p., 2012.

BLAKE, M.; MAJEWICZ, K.; TICKNER, A.; LAM, J., Usability analysis of the Big Ten Academic Alliance Geoportal: Findings and recommendations for improvement of the user experience. **Code4Lib Journal**, n. 38, 2017.

BORKOWSKA, S; POKONIECZNY, K., Analysis of OpenStreetMap data quality for selected counties in Poland in terms of sustainable development. **Sustainability**, v. 14, n. 7, p. 3728, 2022.

BRASIL, **Decreto nº 6.666, de 27 de novembro 2008**. 2008.

BRASIL, **Plano de Ação para implantação da INDE**: Infraestrutura nacional de dados espaciais. Comissão Nacional de Cartografia (CONCAR), 2010.

BUDHATHOKI, N.R.; BRUCE, B.; NEDOVIC-BUDIC, Z., Reconceptualizing the role of the user of spatial data infrastructure. **GeoJournal**, v.72, p.149-160, 2008.

CHUDÝ, R.; IRING, M.; FECISKANIN, R., Evaluation of the data quality of digital elevation models in the context of INSPIRE. **GeoScience Engineering**, nº 2, p. 9-24, 2013.

DROBNJAK, S.; SEKULOVIC, D.; AMOVIC, M.; GIGOVIC, L.; REGODIC, M., Central geospatial database analysis of the quality of road infrastructure data. **Geodetski vestnik**, v. 60, n. 2, p. 270-284, 2016.

DSG. **Especificação Técnica para Controle de Qualidade de Dados Geoespaciais (ET-CQDG)**. Diretoria do Serviço Geográfico, Brasil, 2016.

FRANÇA, L. L. S.; PORTUGAL, J. L., Consistência Topológica de Dados Geoespaciais. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 74, n. 3, 2022.

GIRRES, J-F.; TOUYA, G., Quality assessment of the French OpenStreetMap dataset. **Transactions in GIS**, v. 14, n. 4, p. 435-459, 2010.

GONZÁLEZ-CAMPOS, M. E.; BERNABÉ-POVEDA, M. Á.; PAZMIÑO, M. F. L., Metodología para evaluar la usabilidad del visualizador de mapas del geoportal IDE de Ecuador. **GeoFocus. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica**, n. 19, p. 109-127, 2017.

GOTTARDO, T. V.; BARBOSA, I., Percepção dos Usuários Quanto à Avaliação Indireta da Qualidade de Conjuntos de Dados Geoespaciais. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 73, n. 3, 2021.

GSDI, **Developing spatial data infrastructures: The SDI Cookbook**. Global Spatial Data Infrastructure, United States, 2004.

GUIMARÃES FILHO A. G.; BORBA P., SILVA V. H. S.; CERDEIRA A., POZ A. P. D., Quality Control Relevance on Acquisition of Large Scale Geospatial Data to Urban Territorial Management. **IEEE Latin American GRSS & ISPRS Remote Sensing Conference (LAGIRS)**, IEEE, p. 138-142, 2020.

HASHEMI, P.; ALI ABBASPOUR, R., Assessment of logical consistency in OpenStreetMap based on the spatial similarity concept. **Openstreetmap in giscience: experiences, research, and applications**, p. 19-36, 2015.

HE, X.; PERSSON, H.; ÖSTMAN, A., Geoportal usability evaluation. **International Journal of Spatial Data Infrastructures Research**, v. 7, p. 88-106, 2012.

HENZEN, C., Building a framework of usability patterns for web applications in spatial data infrastructures. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 7, n. 11, p. 446, 2018.

IBGE, **Avaliação da Qualidade de Dados Geoespaciais**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 2017.

ISO, **ISO 19157:2013**: geographic information: data quality. International Organization for Standardization, Geneva, 2013.

JESUS, E. G. V.; BRITO, P.; FERNANDES, V., Avaliação da usabilidade do geoportal da infraestrutura de dados espaciais da Bahia (IDE-BA). **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 70, p.1734-1757, 2018.

KALANTARI, M.; SYAHRUDIN, S.; RAJABIFARD, A., SUBAGYO, H.; HUBBARD, H., Spatial Metadata Usability Evaluation. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 9, n. 7, p. 463, 2020.

KOMARKOVA, J.; SEDLAK, P.; HABRMAN, J.; CERMAKOVA, I., Usability evaluation of web-based gis by means of a model. **International Conference on Information and Digital Technologies (IDT)**. IEEE, p. 191-197, 2017.

KOMARKOVA, J.; SEDLAK, P.; STRUSKA, S.; DYMAKOVA, A., Usability Evaluation the Prague Geoportal: Comparison of Methods. **International Conference on Information and Digital Technologies (IDT)**. IEEE, p. 223-228, 2019.

LANDETA, P.; VÁSQUEZ, J.; GRANDA, P.; LUCANO, F.; GARCÍA-SANTILLÁN, I., Evaluation of Usability in Raster Data Management Module Integrated to a Geoportal. **Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação**, n. E19, p. 14-27, 2019.

LAZORENKO-HEVEL, N.; KARPINSKYI, Y.; KIN, D.; LETS, O., Automation of quality control of digital topographic maps at the scale 1: 50 000 of the Main State Topographic Map in Ukraine. In: **Proceedings of the ICA**. p. 65, 2021.

MACIEL, D. R., **USAGEO: Método para avaliação de usabilidade em Sistemas Agrícolas**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Ponta Grossa. 2018.

MAHMOUD, B. A., **Assessing the Usability of Municipal Spatial Data Infrastructure**. Dissertação de Mestrado. Utrecht University. 2017.

MARANHÃO, V. C.; CARNEIRO, A. F. T., Análise de Consistência Lógica conforme padrões de qualidade da norma ISO 19133. **Revista Cartográfica**, n. 92, p. 149-171, 2016.

MARTINS, V. E.; AMORIM, J. L.; SCHMIDT, M. A. R.; CAMBOIM, S. P. Estudo de Usabilidade Aplicado no Geoportal da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE) Considerando a Função dos Stakeholder. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 74, n. 3, p. 616–633, 2022.

MARTINS, A. I.; QUEIRÓS, A.; ROCHA, N. P.; SANTOS, B. S., Avaliação de Usabilidade: Uma Revisão Sistemática de Literatura. **RISTI – Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação**, n.11, p.31, 2013.

MARTINS, V. E.; SCHMIDT, M. A. R.; DELAZARI, L. S., Selecting Usability Heuristics to Evaluate Responsive Maps: Case Study WebGIS UFPR CampusMap. **Abstracts of the ICA**, v. 3, p. 1-2, 2021.

MOREIRA, T. S.; REIS FILHO, A. A.; PITOMBEIRA, K. M., Procedimentos e normas para a infraestrutura de dados espaciais. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 1, p. 901-914, 2019.

PANCHAUD, N. H.; HURNI, L., Integrating Cartographic Knowledge Within a Geoportal: Interactions and Feedback in the User Interface. **Cartographic Perspectives**, n. 89, p. 5-24, 2018.

PASSOS, J. B.; PORTUGAL, J. L.; SILVANO, T. P.; DALMONECH, R. F., Automatização do processo de inspeção da consistência topológica conforme a ET-CQDG. **Anais do XX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, 2023.

PICANÇO JR, P. L.; DELAZARI, L. S., Avaliação da usabilidade de interfaces de sistemas VGI na tarefa de inserção de feições. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 22, n. 3, p. 492-510, 2016.

RAJABIFARD, A.; BINNS, A; MASSER, I; WILIAMSON, I. P., The role of sub-national government and the private sector in future Spatial Data Infrastructures. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 20, p. 727-741, 2006.

RAJABIFARD, A.; WILIAMSON, I. P., Development of a Virtual Australia Utilising na SDI Enabled Platform. **Pharaohs to Geoinformatics FIG Working Week 2005 and GSDI-8**, Cairo, Egito, 2005.

RAJABIFARD, A.; WILIAMSON, I. P., Spatial Data Infrastructures: Concept, SDI Hierarchy and Future Directions. **GEOMATICS'80 Conference**, Tehran, Iran, 2001.

RAMOS, A. P. M.; CAMPOS, M. B.; SANTOS PROL, F.; JUNIOR, J. M.; IVÁNOVÁ, I., Abordagem sistemática para a especificação da qualidade de base cartográfica nos padrões para os dados da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 68/8, p. 1601-1620, 2016.

SALISSO FILHO, J. L., **Avaliação da qualidade do dado espacial digital de acordo com parâmetros estabelecidos por usuários**. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. 2013.

SANTOS, A. P.; RODRIGUES, D. D; SANTOS, N. T.; GRIPP JR., J., Avaliação da acurácia posicional em dados espaciais utilizando técnicas de estatística espacial: Proposta de método e exemplo utilizando a norma brasileira. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 22, p. 630-650, 2016.

SANTOS, A. S.; MARTN JUNIOR, O. G.; OLIVEIRA, P. A; GOTTARDO, T. V., Avaliação da qualidade de dados geoespaciais na INDE. **1º Simpósio Brasileiro de Infraestrutura de Dados Espaciais**, Rio de Janeiro, 2018.

SEMAD, **IDE-Sisema ganha versão 2.0 com novas funções e dados da fauna doméstica**. Secretaria de Estado de Meio-Ambiente e Desenvolvimento, Minas Gerais, 2021. Disponível em: < <http://www.meioambiente.mg.gov.br/noticias/4855-ide-sisema-ganha-versao-20-com-novas-funcoes-e-dados-da-fauna-domestica>>. Acesso em: novembro de 2021.

SEMAD, **IDE-Sisema supera marca de 500 camadas de dados geoespaciais do meio ambiente em MG**. Secretaria de Estado de Meio-Ambiente e Desenvolvimento, Minas Gerais, 2020. Disponível em: <<http://www.meioambiente.mg.gov.br/noticias/4167-ide-sisema-supera-marca-de-500-camadas-de-dados-geoespaciais-do-meio-ambiente-em-mg>>. Acesso em: novembro de 2021.

SILVA, P. L.; SANTOS, A. P.; LISBOA FILHO, J., Proposal of an Academic Spatial Data Infrastructure for the Federal University of Viçosa. **International Journal of Spatial Data Infrastructures Research**, v. 15, p. 88-109, 2020.

SISEMA, **Manual 01** – Normas, Estruturação, Padrões de Nomenclatura e Armazenamento dos Dados Geoespaciais. Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2ª Edição, Minas Gerais, 2021.

SISEMA. **Manual 01** – Normas, Estruturação, Padrões de Nomenclatura e Armazenamento dos Dados Geoespaciais. Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 3ª Edição, Minas Gerais, 2022.

UREÑA-CÁMARA, M. A.; NOGUERAS-ISO, J.; LACASTA, J., ARIZA-LÓPEZ, F. J., A method for checking the quality of geographic metadata based on ISO 19157. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 33, n. 1, p. 1-27, 2019.

YAGOUB, M. M., Assessment of OpenStreetMap (OSM) Data: The Case of Abu Dhabi City, United Arab Emirates. **Journal of Map & Geography Libraries**, v. 13, n. 3, p. 300-319, 2017.

ZWIROWICZ-RUTKOWSKA, A., Evaluating spatial data infrastructure as a data source for land surveying. **Journal of Surveying Engineering**, v. 142, n. 4, p. 05016002, 2016.

2. AVALIAÇÃO DA CONSISTÊNCIA LÓGICA EM INFRAESTRUTURAS DE DADOS ESPACIAIS (IDE)

Resumo: Em Infraestruturas de Dados Espaciais (IDE) são compartilhados dados espaciais e metadados geoespaciais produzidos por diferentes metodologias e distintas instituições. Neste sentido, a infraestrutura deve possuir uma arquitetura computacional que possibilite a interoperabilidade das informações compartilhadas, além de possuir políticas e padrões bem definidos. A consistência lógica é um dos elementos da qualidade cartográfica que possibilita avaliar o nível de conformidade das regras lógicas de estrutura dos dados, dos atributos, relação entre feições e modelagem conceitual. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi apresentar uma metodologia para avaliação da consistência lógica em uma IDE considerando os seus quatro subelementos: consistência conceitual, consistência de domínio, consistência de formato e consistência topológica. Ao considerar a análise dos subelementos da consistência lógica para os metadados e os dados disponibilizados em uma IDE, é possível avaliar o componente central que é o dado, e de forma subjetiva averiguar a qualidade dos demais componentes (padrões, políticas e tecnologias) e diagnosticar se a infraestrutura está cumprindo com seu objetivo principal de compartilhar e possibilitar a descoberta e reutilização de informações espaciais. A metodologia foi baseada nas particularidades das IDE e definições das normas ISO 19157, ISO 2859-1, ISO 2859-2 e na Especificação Técnica para Controle de Qualidade de Dados Geoespaciais (ET-CQDG), além do proposto por Ureña-Cámara et al. (2019). Foram definidos os procedimentos de amostragem, adaptadas as medidas de qualidade a serem empregadas e elucidado como cada medida pode ser aplicada para análise dos metadados e dos dados compartilhados em uma IDE. Como estudo de caso a metodologia foi empregada para a IDE acadêmica proposta para a Universidade Federal de Viçosa (IDE-UFV). A metodologia se mostrou aplicável, sendo possível detectar, tanto para os metadados quanto para os dados, que os principais problemas da IDE-UFV foram em relação a consistência de domínio e topológica. As inconsistências observadas para a IDE-UFV, evidenciam a necessidade de avaliação da consistência lógica em IDE, pois se em uma infraestrutura local estes problemas foram diagnosticados, em uma IDE maior, pela grande heterogeneidade das informações espaciais compartilhadas, estes problemas podem ser potencializados.

Palavras-chave: Consistência Conceitual; Consistência de Domínio; Consistência de Formato; Consistência Topológica; Dados Espaciais, Metadados Geoespaciais.

2.1. Introdução

É notória a crescente valorização das informações espaciais. O advento de diferentes tecnologias facilitou a aquisição, processamento e utilização da geoinformação. Atrelado a grande disponibilidade de informações espaciais e a

necessidade de utilização em diversos setores, mecanismos para compartilhamento das informações já existentes foram difundidos. Neste sentido, se popularizaram e difundiram as Infraestruturas de Dados Espaciais (IDE).

Uma IDE é uma plataforma que possibilita o compartilhamento de informações espaciais, ao interligar por meio da Internet os produtores e usuários de geoinformação. Esta infraestrutura é baseada em um conceito hierárquico e multidisciplinar, onde os dados e seus atributos são documentados e disponibilizados, seguindo normas e padrões, que garantem a manutenção da IDE e a interoperabilidade das informações compartilhadas (GSDI, 2004; RAJABIFARD e WILIAMSON, 2005; RAJABIFARD et al., 2006).

Para que uma IDE atinja toda sua potencialidade e consiga difundir as informações espaciais existentes, deve-se considerar a qualidade cartográfica dos dados que estão sendo disponibilizados e da infraestrutura como um todo. A qualidade refere-se ao nível de conformidade que um conjunto de dados atende em relação as especificações definidas para o produto ou as requisições dos usuários (ISO, 2013). Ou seja, o conceito de qualidade é relativo aos padrões que um elemento em análise precisa satisfazer para ser aplicável a determinada destinação.

No Brasil, em 2016, foi publicada a Especificação Técnica para Controle de Qualidade de Dados Geoespaciais (ET-CQDG), que tem como objetivo estabelecer as definições, medidas e procedimentos para a avaliação da qualidade de produtos geoespaciais (DSG, 2016b). Em consonância com a ISO 19157, a ET-CQDG apresenta seis elementos de qualidade cartográfica: consistência lógica, completude, acurácia posicional, acurácia temática, acurácia temporal e a usabilidade. Entretanto, a ISO 19157:2013 evidencia que outros elementos podem ser definidos para avaliação da qualidade.

A consistência lógica relaciona-se ao cumprimento das regras lógicas da estrutura de dados, dos atributos e das relações entre feições, referindo-se ao aspecto conceitual, físico ou lógico (DSG, 2016b). De acordo com a ISO 19157, a consistência lógica se subdivide nos seguintes subelementos:

- Consistência conceitual: aderência às regras do esquema conceitual;

- Consistência de domínio: aderência dos valores em relação aos valores de domínio estabelecidos;
- Consistência de formato: grau em que os dados são armazenados de acordo com a estrutura física do conjunto de dados;
- Consistência topológica: correção das características topológicas explicitamente codificadas do conjunto de dados espaciais.

A avaliação da consistência lógica de dados geoespaciais foi objeto de estudo em alguns trabalhos. Maranhão e Carneiro (2016) se basearam na ISO 19133 para avaliarem a consistência lógica da base cartográfica do Cadastro Comprometido com Intervenções (CACI), que é a principal ferramenta para gestão do uso e ocupação do solo no estado de Pernambuco. Neste estudo, foi avaliada a consistência topológica, analisando as incoerências de geometria e conectividade da base cartográfica; foi avaliado o formato dos dados; e em relação a consistência conceitual foi avaliado se a base cartográfica seguia a modelagem conceitual proposta pelas especificações técnicas da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE), através de amostragem, como o colocado pela ISO 2859-1. Nesta a avaliação a consistência de domínio não foi considerada.

Alguns autores como, Mostafavi et al. (2004), Lazzarotto (2005), GUI et al. (2008), Santos et al. (2008), Santos Junior e Ribeiro (2012), Barros e Carneiro (2013), Chudy et al. (2013), Drobnjak et al. (2016), Ramos et al. (2016) e Lazorenko-Hevel et al. (2021) avaliaram a consistência lógica de bases cartográficas. No entanto, avaliaram somente a consistência topológica, não existindo um padrão de quais regras topológicas deveriam ser avaliadas. França e Portugal (2022) e Passos et al. (2023) desenvolveram trabalhos com o intuito de padronizar como avaliar a consistência topológica em Conjunto de Dados Geoespaciais Vetoriais (CDGV), criando soluções automatizadas em softwares livres, como consultas SQL no PostgreSQL e sua extensão espacial PostGIS e desenvolvimento de script em linguagem Python no QGIS.

Salisso Filho (2013), desenvolveu um aplicativo para avaliar a consistência conceitual de bases cartográficas, sendo a análise efetuada de acordo com parâmetros definidos pelos usuários. Por exemplo, o usuário definia quais elementos da modelagem conceitual era necessário para atender sua finalidade,

e o aplicativo analisava a porcentagem de inclusão da base cartográfica em análise dentro da modelagem informada.

Araújo et al. (2015), definiu regras de gerenciamento de banco de dados espaciais para garantir a qualidade em termos da consistência conceitual, de domínio e topológica. O autor também realizou testes para verificar a qualidade topológica, verificando a validade dos polígonos, constatando se eram fechados e não possuíam auto cruzamento.

Alguns trabalhos avaliaram a consistência lógica de Informações Geográficas Voluntárias (VGI), principalmente das informações disponibilizadas pela OpenStreetMap (GIRRES e TOYOUA, 2010; HASHEMI e ABBASPOUR, 2015; YAGOUB, 2017; ZACHAROPOULOU et al., 2021; BORKWOSKA e POKONIECZNY, 2022). Ureña-Cámara et al. (2019), empregaram os conceitos de consistência lógica para avaliarem a qualidade de metadados, a análise foi feita por amostragem, seguindo a ISO 2859.

França et al. (2017), aplicaram as especificações da ET-CQDG na avaliação da consistência conceitual e de formato de Modelos Digitais de Elevação. Guimarães Filho et al. (2020), avaliaram a consistência de formato e consistência topológica de uma base cadastral urbana, para a definição dos padrões topológicos, os autores se basearam nos relacionamentos definidos pela Especificação Técnica de Estruturação de Dados Vetoriais Geoespaciais (ET-EDGV). Hou e Biljecki (2022), propuseram uma estrutura de 48 elementos para avaliar a qualidade das imagens do Street View, onde algumas medidas se relacionavam a consistência lógica, mas estas medidas não eram distribuídas dentre os quatro subelementos.

Observando os estudos destinados a avaliar a consistência lógica, percebe-se que a maioria dos casos, não contempla todos os subelementos, sendo maior atenção dada a consistência topológica. E que a maioria dos estudos se destinam a bases cartográficas e as análises são efetuadas pelos produtores da informação.

Apesar da complexidade de uma IDE, ela apresenta características similares aos dados espaciais, visto que a possibilidade de compartilhar e promover a descoberta de geoinformação é o que norteia o desenvolvimento de

uma IDE. Neste sentido, observa-se a existência de uma lacuna para definição de metodologias que permitam avaliar a consistência lógica em IDE.

Avaliar a consistência lógica em uma IDE como um todo, possibilita diagnosticar a conformidade entre a modelagem conceitual proposta na concepção da infraestrutura e o atingido em sua implementação. Além de proporcionar a avaliação do nível de interoperabilidade atingido pela IDE, ao disponibilizar informações espaciais heterogêneas. Nesta avaliação, caso os padrões observados não sejam satisfatórios, correções e adequações se fazem necessárias.

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo apresentar uma metodologia para avaliar a consistência lógica em uma IDE, considerando as especificidades dessas infraestruturas e contemplando os quatro subelementos da consistência lógica: consistência conceitual, consistência de domínio, consistência de formato e consistência topológica. A metodologia apresentada foi aplicada em um estudo de caso, considerando a IDE-UFV.

Silva et al. (2020) desenvolveram uma proposta de Infraestrutura de Dados Espaciais Acadêmica para a Universidade Federal de Viçosa, denominada IDE-UFV. Vale ressaltar que esta IDE não é oficializada pela instituição. Essa IDE foi desenvolvida para o compartilhamento dos dados cartográficos de referência do campus universitário de Viçosa, Minas Gerais.

2.2. Avaliação da consistência lógica em uma IDE

Uma IDE é composta por dados, pessoas, políticas, padrões e tecnologias (RAJABIFARD et al., 2006), sendo os dados o componente central da infraestrutura. Além destes, os metadados também são elementos fundamentais de uma IDE, pois possibilitam de forma organizada a descoberta das informações espaciais existentes, além de possibilitar a inferência para quais finalidades estes dados podem ser reutilizados.

O Quadro 1 apresenta uma sumarização das principais características dos componentes de algumas IDE Brasileiras, resultantes ao se pesquisar por este tema no Google, em abril de 2023.

Quadro 1 – Descrição de IDE Brasileiras.

IDE	Download de dados	Visualizador	Metadados	Catálogo	Políticas, normas e padrões
INDE	Sim	Sim	Sim	Sim	Bem definidas.
IDESP	Não	Sim	Sim	Sim	Bem definidas.
IDE-Bahia	Não	Não	Sim	Sim	Bem definidas.
IDE-Sisema	Sim	Sim	Sim	Sim	Bem definidas.
IEDE-MG	Sim	Sim	Sim	Não	Plano de ação com modelo conceitual.
Geobases (IDE-ES)	Sim	Não	Não	Não	Políticas somente em relação a parte administrativa.
IDE Paranaguá	Sim	Sim	Sim	Sim	Bem definidas.
IEDE – RS	Sim	Sim	Sim	Sim	Apresenta os padrões da INDE.
IDE Floripa	Sim	Sim	Sim	Não	Poucos elementos de política.
IDE-SEFIN (Fortaleza)	Sim	Sim	Sim	Não	Apresenta os padrões da INDE.
IDEA-SP	Sim	Sim	Sim	Sim	Alguns elementos de política.
IDEM-DHN (Marinha)	Sim	Sim	Sim	Sim	Inexistência de políticas, normas ou padrões.
IDE-DF	Sim	Sim	Sim	Sim	Decreto de instituição, sem definir os padrões.
IDE BH Geo	Sim	Sim	Sim	Sim	Políticas baseadas nos padrões da INDE e OGC.
GeoInfo (Embrapa)	Sim	Não	Sim	Sim	Inexistência de políticas, normas ou padrões.
IDEA UFPR	Sim	Sim	Sim	Não	Inexistência de políticas, normas ou padrões.

Analisando o Quadro 1, é possível constatar que a maioria das IDE (87,5%) possibilitam o download dos dados cartográficos, sendo que 81,2% disponibilizam visualizadores. Nota-se, que existem IDE que possibilitam o download apesar de não possuir visualizador, como a GeoInfo. E outras, como a IDESP, que apesar de possuírem um visualizador não é possível o download dos dados espaciais.

Em relação aos metadados, apenas uma IDE não disponibiliza metadados, no entanto somente 68,8% possuem catálogo de metadados. Existindo IDE que armazena e compartilha os metadados por meio de páginas e diretórios, mas sem possibilitarem ferramentas de consultas a estes metadados.

Ao considerar as definições e publicação de políticas, normas e padrões, observa-se que seis IDE (37,5%) as apresentam de forma mais completa e detalhada, sendo estas a INDE, IDESP, IDE-Bahia, IDE-Sisema, IDE-Paranaguá e IDE BH Geo. Em contrapartida, três IDE (18,8%) não apresentam

documentação de política, normas ou padrões, sendo estas a IDEM-DHN, GeoInfo e IDEA UFPR.

Analisando as IDE apresentadas, é possível constatar a heterogeneidade nas características, objetivos e padrões. Algumas IDE tem o foco centrado na organização dos dados existentes, documentando e compartilhando os metadados das informações. Enquanto outras, além da organização, já possuem como objetivo possibilitar o acesso direto ao dado, possuindo ferramentas para download. E em relação aos padrões e normas existem também diferenciações, muitas empregam os padrões definidos pela INDE, mas outras possuem padrões, modelagem e estruturas próprias.

No entanto, é notório que a maioria das IDE Brasileiras, possuem e compartilham definições de políticas, demonstrando preocupação com a gestão e manutenção da IDE ao longo do tempo, o que pode ser apontado como um diferencial entre as IDE e várias plataformas, Geoportais, WebMaps, WebGIS, SIGWeb e visualizadores de dados espaciais. Observa-se a predominância destas outras modalidades de plataformas de compartilhamento de dados espaciais, no entanto estas apesar de serem de mais simples implementação, muitas vezes ficam sem atualização e gerenciamento, tornando-se páginas obsoletas e sem utilização.

Visto que, independentemente do tipo, o objetivo principal de uma IDE é organizar, compartilhar, possibilitar a descoberta, difundir e facilitar o uso de informações espaciais, a avaliação da consistência lógica de uma IDE possibilita avaliar de forma geral se está sendo atendido o objetivo principal de sua concepção. Ou seja, se é possível descobrir, acessar e/ou adquirir os dados e reutilizá-los.

Para avaliar a consistência lógica de uma IDE o primeiro estágio consiste em avaliar se essa infraestrutura possui e disponibiliza as informações de políticas, normas e padrões idealizadas em sua concepção. Pois somente entendendo para quem e como ela foi idealizada, será possível avaliar se ela atende ou não estes padrões. Em posse destas informações, ao avaliar os quatro subelementos da consistência lógica dos dados e metadados, dependendo do que é disponibilizado por cada IDE, será possível inferir a qualidade destes e dos demais componentes da infraestrutura (Quadro 2).

Quadro 2 – Avaliação da consistência lógica em uma IDE.

Elemento da consistência lógica	Componentes da IDE avaliados
Consistência conceitual	Dados, metadados, padrões e políticas
Consistência de domínio	Dados, metadados, padrões e políticas
Consistência de formato	Dados, metadados, padrões e tecnologias
Consistência topológica	Dados, metadados, padrões e tecnologias

Ao avaliar a consistência conceitual dos dados e metadados pode ser avaliado se foi definido um esquema conceitual para a IDE, se esse foi disponibilizado e se está sendo seguido. Assim, pode-se inferir sobre os padrões e as políticas da IDE. A baixa qualidade da IDE em termos de consistência conceitual dos dados e metadados, evidencia que o esquema conceitual proposto pode não estar adequado à realidade das informações espaciais que estão sendo disponibilizadas. Também pode demonstrar que os produtores e/ou usuários da IDE não compreendem ou não estão seguindo os padrões definidos.

Ao avaliar a consistência de domínio dos dados e metadados é analisado concomitantemente se estes seguem os padrões definidos para a IDE, e também se as políticas estão garantindo que a infraestrutura seja alimentada de acordo com o planejamento. A baixa qualidade em termos de consistência de domínio, pode demonstrar a ineficiência ou não cumprimento dos padrões. Mas, além disto, pode comprometer a utilização das informações espaciais, visto que a inexistência de informações ou preenchimento errôneo dos metadados, pode impossibilitar que os usuários descubram e avaliem a aplicabilidade da geoinformação. Ao passo, que a existência de atributos de preenchimento obrigatório nulos ou com inconsistências podem interferir nos resultados das análises espaciais nas quais estes dados poderão ser empregados.

Na avaliação da consistência de formato e consistência topológica dos dados e metadados é analisado subjetivamente se os padrões definidos e as tecnologias empregadas estão garantindo o correto armazenamento e compartilhamento dos dados e metadados espaciais, de forma com que os usuários possam adquirir essas informações, sem estarem corrompidas ou com inconsistências geométricas, para que elas possam realmente ser utilizadas. No

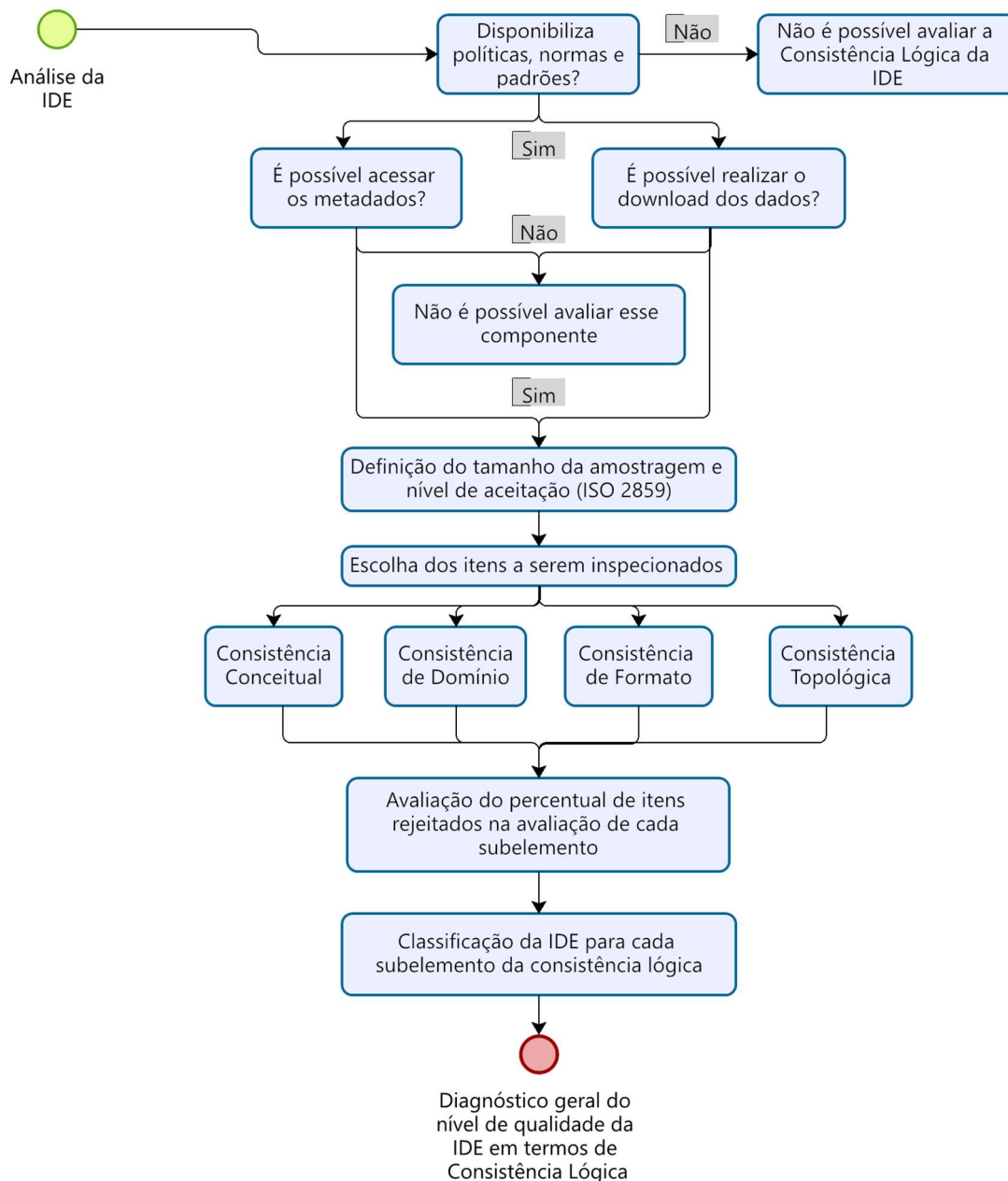
caso dos dados por exemplo, em alguns casos é possível constatar a incorporação no visualizador, mas ao tentar realizar o download, observa-se mensagens de erros ou o arquivo obtido está corrompido, o que evidencia que as tecnologias para armazenamento e/ou download estão ineficientes.

Diante o exposto, para avaliar a consistência lógica de uma IDE (Figura 1) primeiramente deve ser estudada a infraestrutura, analisando as políticas, normas, padrões, objetivos da IDE, e o quê e como é compartilhado, avaliando se é possível acessar os metadados e realizar o download dos dados. Em caso positivo, serão avaliados os subelementos da consistência lógica para os dados e os metadados. Para a IDE que compartilhar somente os metadados, a análise poderá se limitar a avaliação destes elementos. E de forma análoga, o mesmo poderá ocorrer para aquelas infraestruturas que compartilharem somente os dados.

No entanto, uma IDE pode compartilhar um grande número de informações espaciais, como por exemplo a INDE, que possibilita acesso a diversas informações de todo o território brasileiro, que são fornecidas por diferentes órgãos públicos. Desta forma, para avaliar a consistência lógica em uma IDE pode-se trabalhar com a amostragem das informações disponibilizadas, o que tornará a inspeção menos onerosa e possibilitará inferir a qualidade da infraestrutura. Os conceitos de amostragem foram aplicados em diversos trabalhos para possibilitar a avaliação de elementos de qualidade em conjuntos de dados e metadados espaciais, como Ariza-López e Rodrigues (2015), Xie et al. (2015), Maranhão e Carneiro (2016), Ureña-Cámara et al. (2019) e Liu et al. (2023).

Os conceitos de amostragem definidos pela ISO 2859-2 (ISO, 1985) e a ISO 2859-1 (ISO, 1995) e são empregados para a avaliação de produtos cartográficos, estando descritos na ET-CQDG. Quatro conceitos fundamentais são definidos para aplicar os procedimentos amostrais: lote, item, Limite de Qualidade Aceitável (LQA) e Qualidade Limite (QL). O lote é definido como cada um dos produtos a serem avaliados, ou seja, cada conjunto de dados espaciais, enquanto os itens são as feições espaciais representadas nesse produto (DSG, 2016b), o LQA é o pior resultado aceitável, e o QL é o nível de qualidade a uma baixa probabilidade de aceitação (ISO, 1995).

Figura 1 – Metodologia para avaliação da consistência lógica em uma IDE.



Ao avaliar a consistência lógica em uma IDE, pode-se considerar que o conjunto de dados espaciais e metadados geoespaciais disponibilizados na plataforma será o produto a ser analisado. Desta forma, será considerado um único lote para avaliação e os itens serão cada um dos dados e metadados espaciais compartilhados.

A inspeção por meio de amostragem pode ser feita lote a lote (ISO 2859-1), quando se possui no mínimo 10 lotes, ou por lote isolado (ISO 2859-2),

quando são analisados entre um e nove lotes (DSG, 2016). Como para avaliar a IDE, será considerado que toda a infraestrutura representa um lote, a metodologia a ser seguida é a inspeção por lote isolado.

A análise dos dados e dos metadados deverá ser feita de forma separada, visto que a quantidade de informações de cada tipo poderá variar. Desta forma, para os metadados deverá ser analisado a quantidade de metadados compartilhados, que será o tamanho da população. E o mesmo deverá ser observado para os dados espaciais, para aquelas IDE que proporcionarem a possibilidade de download dos dados.

Conhecendo-se o tamanho da população e definindo o LQA, sendo o recomendado pela ET-CQDG 4%, é possível determinar o QL (Tabela 1). A partir do tamanho da população e do QL, por meio da Tabela 2, é definido o tamanho da amostra (n) e o número de aceitação (Ac). O Ac representa o número máximo de itens que podem não satisfazer as condições em análise e que ainda assim o produto é considerado com qualidade, ou seja, é o limiar para aprovação ou rejeição do produto em análise.

Após a determinação do tamanho da amostragem, devem ser selecionados os itens, ou seja, os metadados e os dados espaciais que serão inspecionados. Normalmente, as IDE são compostas por informações espaciais divididas em diversas classes, na escolha dos itens a serem inspecionados é indicado que sejam considerados itens de classes distintas, com o intuito de densificar a análise e possibilitar conclusões a respeito da heterogeneidade dos dados compartilhados. E não necessariamente deverão serem avaliados os dados e metadados das mesmas informações. Definidos quais itens serão inspecionados, para cada um deve ser feita a avaliação dos quatro subelementos da consistência lógica, conforme o descrito nas seções seguintes.

Tabela 1 – Qualidade limite (QL) em %, segundo o tamanho do lote e o LQA.

Tamanho do Lote	LQA (%)		
	1	4	10
16 a 25	12,5	32,0	32,0
26 a 50	12,5	20,0	32,0
51 a 150	8,0	20,0	32,0
151 a 1200	5,0	20,0	32,0
1201 a 10000	3,15	12,5	20,0
10001 a 150000	3,15	8,0	20,0
150001 e maiores	2,0	8,0	20,0

Fonte: DSG, 2016b.

Após a avaliação de cada uma das medidas de qualidade, deve ser analisado o percentual de camadas em inspeção que foram reprovadas em cada subelemento da consistência lógica, com base nesse percentual de reprovações a IDE pode ser classificada de acordo com a escala proposta e apresentada no Quadro 3. Esta análise é feita de forma distinta para os metadados e os dados. Logo existirá uma classificação para cada subelemento da consistência lógica para os metadados e outra para os dados.

Tabela 2 – Tamanho da amostra (n) e número de aceitação (Ac) segundo o tamanho do lote e a QL

Tamanho do Lote		Qualidade limite (QL) em %								
		0,8	1,25	2,0	3,15	5,0	8,0	12,5	20,0	32,0
16 a 25	n Ac	↓ 0	↓ 0	↓ 0	↓ 0	↓ 0	17 0	13 0	9 0	6 0
26 a 50	n Ac	↓ 0	↓ 0	↓ 0	50 0	28 0	22 0	15 0	10 0	6 0
51 a 90	n Ac	↓ 0	↓ 0	50 0	44 0	34 0	24 0	16 0	10 0	8 0
91 a 150	n Ac	↓ 0	90 0	80 0	55 0	38 0	26 0	18 0	13 0	13 1
151 a 280	n Ac	170 0	130 0	95 0	65 0	42 0	28 0	20 0	20 1	13 1
281 a 500	n Ac	220 0	155 0	105 0	80 0	50 0	32 0	32 1	20 1	20 3
501 a 1200	n Ac	255 0	170 0	125 0	125 1	80 1	50 1	32 1	32 3	32 5
1201 a 3200	n Ac	280 0	200 0	200 1	125 1	125 3	80 3	50 3	50 5	50 10
3201 a 10000	n Ac	315 0	315 1	200 1	200 3	200 5	125 5	80 5	80 10	80 18
10001 a 35000	n Ac	500 1	315 1	315 3	315 5	315 10	200 10	125 10	125 18	↑
35001 a 150000	n Ac	500 1	500 3	500 5	500 10	500 18	315 18	200 18	↑	↑
150001 a 500000	n Ac	800 3	800 5	800 10	800 18	↑	↑	↑	↑	↑
500001 e maiores	n Ac	1250 5	1250 10	1250 18	↑	↑	↑	↑	↑	↑

Os símbolos ↓ e ↑, indicam os fluxos a serem seguidos para definir o tamanho da amostra (n) e o número de aceitação (AC)

Fonte: DSG, 2016b.

Avaliando as classificações obtidas pela IDE para cada subelemento de consistência lógica, será possível diagnosticar a qualidade da infraestrutura e delimitar melhorias a serem desenvolvidas. O não compartilhamento das políticas, normas e padrões inviabiliza a avaliação da consistência lógica. Além de já explicitar uma necessidade de melhoria, uma IDE sem políticas e normas possivelmente terá a continuidade comprometida e os recursos empenhados para tal serão em vão.

A baixa classificação de uma IDE em algum subelemento da consistência lógica, não impossibilita o uso daquele dado ou das informações dos metadados, mas sim evidencia as suas possíveis limitações de uso. Além de possibilitar o diagnóstico de quais medidas poderão ser tomadas, para melhorar a IDE e garantir que ela atinja de forma efetiva seus objetivos. Ao passo que as classificações satisfatórias da IDE, atestam a qualidade das medidas tomadas, que poderão subsidiar o desenvolvimento de outras infraestruturas.

Quadro 3– Classificação da IDE em termos de qualidade em consistência lógica.

Classe	% de camadas reprovadas
A	0 – 5%
B	5 – 10%
C	10 – 20%
D	20 – 30%
E	30 – 50%
F	>50%

2.2.1. Avaliação da consistência lógica dos metadados de uma IDE

Compreendendo que os metadados geoespaciais, possuem particularidades similares aos dados espaciais, Ureña-Cámara et al. (2019), propuseram adaptações aos elementos de qualidade cartográfica descritos na ISO 19.157, para possibilitar a avaliação da qualidade de metadados geoespaciais. As medidas para a avaliação da consistência lógica propostas pelos autores foram analisadas e readaptadas para serem empregadas na avaliação de metadados compartilhados em IDE.

A Figura 2, sumariza a metodologia a ser seguida para avaliação da consistência lógica dos metadados. Como o colocado na avaliação geral da IDE, primeiramente é necessário avaliar as documentações disponibilizadas, para avaliar os padrões definidos para os metadados, identificando se foi definido um esquema ou perfil a ser seguido para os metadados.

Caso não exista padrões definidos, não será possível realizar a análise de avaliação da consistência lógica, e o diagnóstico da IDE já indicará a necessidade de definição de um padrão a ser seguido para o preenchimento dos metadados. A padronização é necessária para possibilitar a definição das

tecnologias que serão empregadas na publicação dos metadados, para serem definidas e disponibilizadas ferramentas para consultas, além de garantir a interoperabilidade dos metadados.

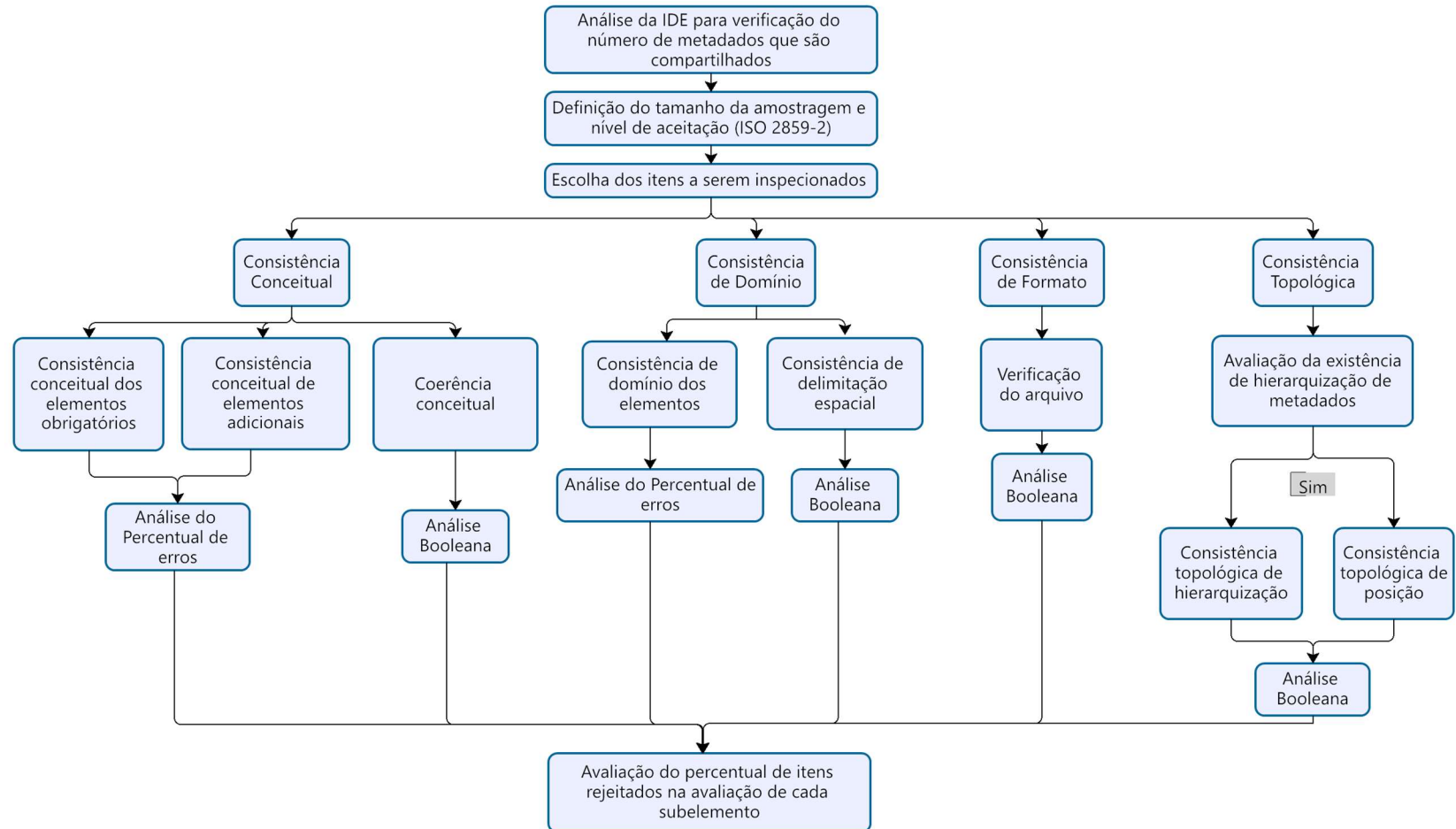
Após a compreensão dos padrões a serem seguidos, deve-se definir a amostragem de metadados a ser analisados, para cada um deverá ser avaliado os subelementos da consistência lógica. Ou seja, deverão ser aplicadas medidas para avaliar a consistência conceitual, consistência de domínio, consistência de formato e consistência topológica.

Na avaliação da consistência conceitual, deverá ser analisado a taxa de conformidade entre o preenchimento do metadado e o esquema conceitual. Na análise deste subelemento, serão consideradas duas medidas. Primeiramente, a avaliação dos elementos que são considerados como obrigatórios no perfil ou esquema dos metadados e realmente estão disponibilizados. E a outra, avaliando os elementos adicionais disponibilizados mesmo não estando descritos nos padrões.

Para estas análises deverão ser avaliadas as inconformidades e os respectivos percentuais de erros. Neste sentido, para aprovar ou rejeitar um item em inspeção deverá ser definido um limiar de aceitação, onde os itens que apresentarem percentuais superior a este limiar serão reprovados.

Além disso, deverá ser avaliado também a coerência conceitual, que consiste na avaliação interna das informações que são preenchidas repetidas vezes nos campos textuais. Para esta análise, os elementos como título, palavras-chave, resumo e linhagem devem ser avaliados, com o intuito de verificar se são coerentes. A análise desta medida é booleana, ou seja, para os metadados em que for detectado alguma inconsistência, será considerado falso, e o item em inspeção será reprovado.

Figura 2 – Metodologia para avaliação da consistência lógica dos metadados de uma IDE.



Na avaliação da consistência de domínio, primeiramente será avaliado a taxa de conformidade no preenchimento do elemento. Ou seja, para cada elemento do metadado, deverá ser avaliado se o preenchimento foi conforme o definido no perfil ou esquema conceitual. Por exemplo, nos elementos de data de publicação o preenchimento deve ser realmente uma descrição de tempo, como dia, mês e/ou ano. Cada elemento não preenchido conforme o domínio será considerado uma inconsistência. A avaliação da medida se baseará no percentual de erros, sendo necessário, a definição de um limiar para aceitação ou reprovação do item.

Por se tratar de metadados espaciais, um elemento fundamental é a delimitação espacial. Neste sentido, na consistência de domínio deverá ser avaliado as informações da delimitação espacial, que consiste na avaliação se a delimitação geográfica é válida, ou seja, se as coordenadas fornecidas (latitude, longitude) estão em um intervalo válido ($\pm 90^\circ$ de latitude, $\pm 180^\circ$ de longitude) e constituem um retângulo não invertido no espaço. A análise desta medida é booleana.

Em relação a consistência de formato, deverá ser verificado, por meio de análise booleana, a estrutura física do arquivo de metadado, analisando se este é conforme o definido nos padrões. Caso seja em formato XML, deverá ser avaliado se a codificação é válida.

A avaliação da consistência topológica, só será possível, para as IDE que possuem hierarquização de metadados. Ou seja, caso algum metadado, documente informações de um dado ou região que já estava descrito em algum outro metadado. Neste caso o metadado de maior abrangência é considerado o pai, e o mais específico é o filho.

Logo, caso algum metadado referencie algum metadado pai, deve ser avaliado primeiramente se este é um metadado válido que pode ser acessado, sendo uma análise booleana. Se for confirmado essa relação entre metadados, também deverá ser avaliado a consistência topológica de posição, por meio de uma análise booleana. A análise desta medida consiste na verificação se o metadado filho se encontra dentro da região espacial delimitada para o metadado pai.

O Quadro 4 apresenta de forma sintetizada as medidas empregadas para avaliar os elementos da consistência lógica para os metadados compartilhados em uma IDE.

Quadro 4 – Medidas para avaliação da consistência lógica dos metadados.

Elemento	Medida	Descrição	Forma de avaliação
Consistência Conceitual	Consistência conceitual dos elementos obrigatórios	Verificação da taxa de conformidade dos elementos considerados obrigatórios pelo perfil ou esquema conceitual.	Percentual de erros
	Consistência conceitual de elementos adicionais	Verificação da taxa de conformidade incluindo elementos adicionais ao perfil ou esquema conceitual.	Percentual de erros
	Coerência conceitual	Avaliação interna da coerência das informações preenchidas repetidas vezes em diversos campos.	Booleana
Consistência de Domínio	Consistência de domínio dos elementos	Avaliação da quantidade de elementos preenchidos de forma inconsistente em relação aos domínios definidos.	Percentual de erros
	Consistência de delimitação espacial	Verificação da validade espacial e da constituição de retângulo envolvente não invertido.	Booleana
Consistência de Formato	Verificação do arquivo	Verificação da estrutura física e codificação válida do arquivo.	Booleana
Consistência Topológica	Consistência topológica de hierarquização	Verificação da validade do metadado referenciado em outro.	Booleana
	Consistência topológica de posição	Verificação de correspondência espacial entre metadados referenciados um ao outro.	Booleana

2.2.2. Avaliação da consistência lógica dos dados de uma IDE

A ET-CQDG, seguindo as determinações da ISO 19157, define medidas a serem consideradas para avaliação dos elementos da qualidade cartográfica de conjuntos de dados espaciais. Estas medidas foram analisadas, adaptadas e novas medidas foram consideradas e propostas para avaliar os elementos da consistência lógica em uma IDE, por meio da avaliação dos dados compartilhados. A Figura 3 sumariza a metodologia a ser seguida para avaliação dos subelementos da consistência lógica de dados compartilhados por uma IDE.

Definida a amostragem de quantos e quais dados serão avaliados, primeiramente devem ser analisadas as políticas e padrões da IDE, para compreender o esquema conceitual e as especificidades definidas. Neste sentido, deve ser analisado quais os padrões de formato a IDE se propõem a

suportar, quais as classes foram definidas, se existe especificação em relação aos atributos, entre outras definições disponibilizadas por meio das documentações da IDE.

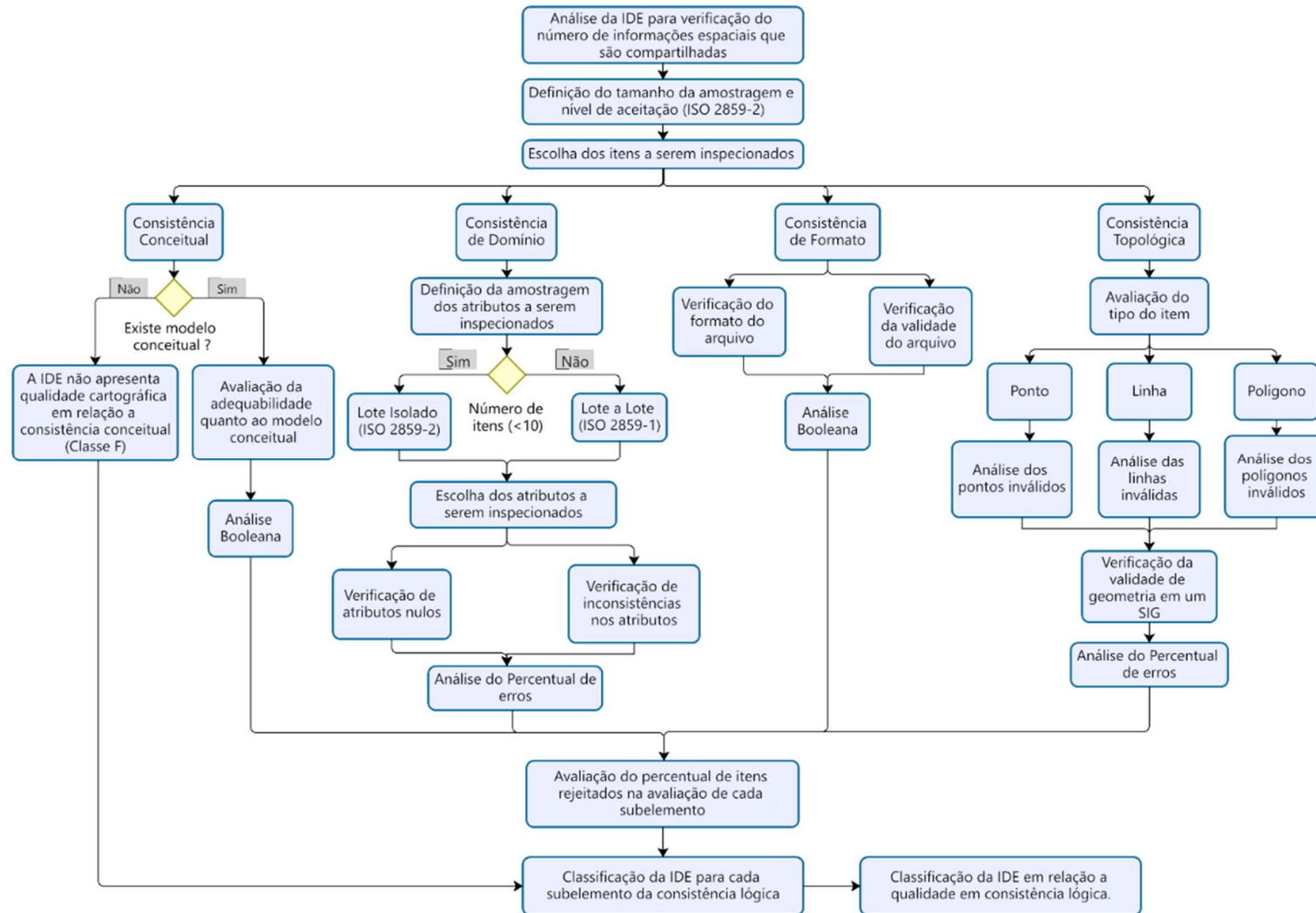
Assim, de acordo com as definições da IDE deverá ser avaliado cada um dos subelementos da consistência lógica. Se a IDE não compartilhar ou definir padrões, não será possível avaliar o percentual de reprovações dos itens, mas já serão elementos diagnosticados como melhorias a serem desenvolvidas. A depender das especificidades da IDE, algumas medidas de avaliação dos subelementos da consistência lógica podem não se aplicar.

Para a avaliar a consistência conceitual deve ser verificado se os dados compartilhados estão de acordo com o definido no esquema conceitual. Neste sentido, devem ser inspecionados cada um dos itens. A inspeção da consistência conceitual é feita pela lógica booleana, onde, caso não exista classe correspondente no esquema conceitual é considerado um erro conceitual, sendo o resultado da medida falso. Os itens que forem considerados falsos, contam como itens que não foram aprovados no elemento em análise.

Para análise da consistência de domínio, deve ser definido uma nova amostragem, para definir o número de atributos que devem ser inspecionados para cada item. Para definição do número de amostras, deve-se definir se amostragem será por lote isolado, caso o número de camadas em análise foi inferior a 10, ou por lote a lote, caso existam 10 ou mais camadas. A amostragem por lote isolado, foi descrita anteriormente e é efetuada a partir das Tabelas 1 e 2, considerando como tamanho populacional o número de atributos.

Caso a amostragem seja por lote a lote, primeiramente deve-se definir o LQA, sendo o sugerido pela ET-CQDG 4%, e o nível de inspeção, sendo o recomendado o nível II (DSG, 2016b). Com o tamanho da população, que será o número de atributos, empregando a Tabela 3 é possível determinar o código, e pela Tabela 4 definir o tamanho da amostragem (n) e o número de aceitação (Ac).

Figura 3 – Metodologia para avaliação da consistência lógica dos dados de uma IDE.



Definido o número de atributos que compõem a amostragem, deve-se selecionar de forma aleatória os atributos a serem inspecionados. Para cada atributo, deve ser avaliado qual o tipo desse atributo em relação ao colocado no esquema conceitual, se é possível preenchimento nulo e se existem restrições ao que deve ser preenchido. Em seguida, deverá ser analisado a porcentagem de preenchimento nulo, para aqueles atributos de preenchimento obrigatório.

Tabela 3 – Letra código de acordo com o tamanho do lote e nível de inspeção.

Tamanho do Lote	Níveis gerais de inspeção		
	I	II	III
2 a 8	A	A	B
9 a 15	A	B	C
16 a 25	B	C	D
26 a 50	C	D	E
51 a 90	C	E	F
91 a 150	D	F	G
151 a 280	E	G	H
281 a 500	F	H	J
501 a 1200	G	J	K
1201 a 3200	H	K	L
3201 a 10000	J	L	M
10001 a 35000	K	M	N
35001 a 150000	L	N	P
150001 a 500000	M	P	Q
500001 e maiores	N	Q	R

Fonte: DSG, 2016b.

Tabela 4 – Tamanho da amostra e número de aceitação segundo a letra-código e o LQA.

Letra código	Tamanho da amostra	Limite de qualidade aceitável (LQA) em %									
		0,4	0,65	1,0	1,5	2,5	4,0	6,5	10	15	25
A	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0	↓	↓	1
B	3	↓	↓	↓	↓	↓	0	↑	↓	1	2
C	5	↓	↓	↓	↓	0	↑	↓	1	2	3
D	8	↓	↓	↓	0	↑	↓	1	2	3	5
E	13	↓	↓	0	↑	↓	1	2	3	5	7
F	20	↓	0	↑	↓	1	2	3	5	7	10
G	32	0	↑	↓	1	2	3	5	7	10	14
H	50	↑	↓	1	2	3	5	7	10	14	21
J	80	↓	1	2	3	5	7	10	14	21	↑
K	125	1	2	3	5	7	10	14	21	↑	↑
L	200	2	3	5	7	10	14	21	↑	↑	↑
M	315	3	5	7	10	14	21	↑	↑	↑	↑
N	500	5	7	10	14	21	↑	↑	↑	↑	↑
P	800	7	10	14	21	↑	↑	↑	↑	↑	↑
Q	1250	10	14	21	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
R	2000	14	21	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑

Os símbolos ↓ e ↑, indicam os fluxos a serem seguidos para definir o tamanho da amostra (n) e o número de aceitação (AC).

Fonte: DSG, 2016b.

Deverá ser avaliada também, a porcentagem de atributos preenchidos com inconsistências, ou seja, deve ser avaliado se o preenchimento do atributo, condiz com o que foi definido, por exemplo, se para um atributo do tipo texto, 5% das linhas foram preenchidas por números.

Para definir quando um atributo será aprovado ou não, se faz necessário a definição de limiares de aceitação, que irá depender do nível de severidade da análise efetuada. Por exemplo, para avaliação de elementos nulos, pode-se adotar um limiar de 5%, nesse caso, se um atributo tiver mais que 5% de suas linhas sem preenchimento, será considerado reprovado.

Para avaliar a consistência de formato devem ser analisadas duas medidas, que possibilitarão avaliar também se os padrões e as tecnologias definidos para a infraestrutura se adequam ao compartilhamento de dados espaciais. A primeira diz respeito se o item em inspeção possui formato compatível para disponibilização de dados espaciais, e condizente com os padrões de formato definidos para a IDE, sendo uma análise booleana. A segunda análise é em relação a validade do arquivo, onde deve ser avaliado se o arquivo não está corrompido e realmente pode ser reutilizado. Esta também é uma análise booleana, e para cada medida de valor falso é um item que não foi aprovado.

Como uma IDE pode compartilhar diversos dados, provindos de fontes distintas, que foram gerados empregando metodologias específicas para sua aplicação, a avaliação da topologia dos dados entre camadas é complexa. A cada utilização específica o usuário deverá fazer uma avaliação da consistência topológica, para ver se o dado é compatível a necessidade em questão. Mas de forma geral, cada dado compartilhado na IDE precisa ser válido, ou seja, a geometria do dado não pode estar corrompida, para que ele possa ser reutilizado em análises espaciais. O Quadro 5, apresentado por IBGE (2017), apresenta as principais anomalias de geometria que podem ocorrer em dados espaciais.

Neste sentido, para avaliação da consistência topológica em uma IDE deve ser avaliado a validade geométrica dos dados, o que proporcionará inferir se os padrões e as tecnologias definidos para a IDE são compatíveis ao compartilhamento e a reutilização dos dados espaciais. Dessa forma, primeiramente deverá ser analisado o tipo do item, se é ponto, linha ou polígono, e para cada tipo será empregado uma

medida para avaliação da validade geométrica. Como a avaliação da consistência topológica está relacionada a validade geométrica, caso o dado espacial seja de outro formato, como imagens ou raster, esta medida não irá se aplicar.

Quadro 5 – Anomalias de geometria.

Anomalia	Descrição	Correção
Geometria vazia	Feições com a geometria nula ou vazias.	Automática
Geometria desconhecida	Feições cuja geometria não é reconhecida no ambiente SIG.	
Geometria inválida	O tipo de geometria não corresponde a geometria vetorizada.	
Poucos vértices	O tipo de geometria possui poucos vértices para representar sua geometria primitiva (ponto, linha ou área).	Automática
Buracos não contidos	Área de feição com limites internos, buracos, que não estão contidos total ou parcialmente dentro do limite externo.	Manual
Áreas não fechadas	Área de feição cujo limite não está fechado, isto é, o primeiro e o último vértice não têm o mesmo valor de coordenada.	Automática
Sobreposição de buracos	Área de feição com limites internos, buracos, se sobrepõem um ao outro.	Manual
Linhas com comprimento zero	Comprimento de feição que não possui nenhuma extensão, isto é, os vértices estão sobre um mesmo ponto.	Automática
Áreas com cobertura zero	Cobertura de feição que não possui nenhuma área, isto é, os vértices são todos colineares.	Automática
Coordenadas inválidas	Feições cujo um valor de coordenadas (X, Y ou Z) é superior a um determinado valor absoluto.	
Laço em área	Áreas de feição com um laço em qualquer um dos limites exteriores ou interiores.	Automática
Pontos (vértices) duplicados	Área de feição ou feição linear cuja geometria possui pontos duplicados num mesmo vértice.	Automática
Componente de geometria inválido	Feições onde a geometria é sintaticamente correta, mas cuja especificação não define um componente de geometria válida. Por exemplo: arco inválido, raio inválido, limite inválido, descontinuidade	
Ponta repentina	Feições lineares ou área onde há divergência repentina na vetorização dos vértices.	Automática
Laço em linha	Feições lineares cuja geometria cria um laço e a área é maior do que uma determinada tolerância especificada.	Automática
Vetor curto	Feições lineares ou área com dois vértices sequenciais com a distância inferior a uma determinada tolerância especificada. A tolerância a ser considerada pode ser o erro gráfico na escala do projeto (0,2 mm na escala do projeto).	Automática
Geometria nula	Feições com geometria nula.	Automática
Componente de geometria desnecessário	Feições onde a geometria contém um componente que não é necessária para descrever a sua propriedade geométrica.	Automática
Geometria fragmentada	Feições onde o tipo de geometria é uma coleção e as partes desta feição não precisam ser contíguas.	Automática / Manual
Feição duplicada	Feições cujos atributos combinam e as geometrias são idênticas, ou com tamanho, forma e localização semelhantes, dentro de uma tolerância especificada.	Automática

Fonte: IBGE, 2017.

A verificação da validade da geometria pode ser feita através de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), ressaltando que cada software proporcionará um

resultado, decorrente da tolerância de casas decimais. No software QGIS, existe a ferramenta “Verificar a validade da geometria”, que ao fornecer uma camada vetorial é feita a validação da geometria e é retornado os erros encontrados. Para essa análise deve ser considerado o percentual de erros encontrados e para aprovar ou não cada item, deve ser definido um limiar de aceitação.

O Quadro 6 apresenta de forma sintetizada as medidas empregadas para avaliar os elementos da consistência lógica para os dados compartilhados em uma IDE.

Quadro 6 – Medidas para avaliação da consistência lógica dos dados.

Elemento	Medida	Descrição	Forma de avaliação
Consistência Conceitual	Avaliação da adequabilidade quanto ao esquema conceitual	Análise de adequação de cada item ao que foi definido no esquema conceitual da IDE.	Booleana
Consistência de Domínio	Verificação de atributos nulos	Avaliação da quantidade de atributos de preenchimento obrigatório que não foram preenchidos.	Percentual de erros
	Verificação de inconsistências nos atributos	Avaliação da quantidade de atributos que foram preenchidos de forma inconsistente em relação ao tipo definido.	Percentual de erros
Consistência de Formato	Verificação do formato do arquivo	Avaliação se o tipo de arquivo adotado é coerente para disponibilização de dados espaciais e compatível com os formatos suportados pela IDE.	Booleana
	Verificação da validade do arquivo	Avaliação se o arquivo não está corrompido e pode ser reutilizado.	Booleana
Consistência Topológica	Análise dos pontos inválidos	Avaliação da quantidade de erros de geometria existentes para o arquivo do tipo ponto.	Percentual de erros
	Análise das linhas inválidas	Avaliação da quantidade de erros de geometria existentes para o arquivo do tipo linha.	Percentual de erros
	Análise dos polígonos inválidos	Avaliação da quantidade de erros de geometria existentes para o arquivo do tipo polígono.	Percentual de erros

2.3. Estudo de caso: Avaliação da consistência lógica na IDE-UFV

Na concepção da IDE-UFV proposta por Silva et al. (2020), foi feita a modelagem conceitual da IDE e definido as normas, padrões e políticas para garantir o gerenciamento da infraestrutura. Essa IDE será utilizada como estudo de caso, para verificar a aplicabilidade da metodologia apresentada para avaliação da consistência lógica.

Como a IDE-UFV disponibiliza documentações relatando as políticas, normas e padrões é possível avaliar a consistência lógica da IDE. A infraestrutura disponibiliza os metadados e ferramentas para o download dos dados, desta forma será possível avaliar estes dois componentes, diagnosticando a qualidade destes e inferindo a qualidade dos demais, como os padrões, políticas e tecnologias.

2.3.1. Avaliação da consistência lógica dos metadados da IDE-UFV

O padrão definido para a produção e publicação dos metadados na IDE-UFV foi o Perfil de Metadados Geoespaciais do Brasil de 2009 (Perfil MGB), sendo adotado o Perfil MGB Sumarizado (BRASIL, 2011) que apresenta os principais elementos que devem ser considerados na elaboração de um arquivo metadados. Em 2021 foi publicado o Perfil MGB 2.0, em substituição a versão divulgada em 2009 (IBGE, 2021). O Quadro 7 apresenta os elementos obrigatórios, condicionais e opcionais definidos neste perfil. Ressalta-se que na atualização da segunda versão do Perfil MGB (IBGE, 2021) não se considera mais a distinção entre perfil sumarizado e completo.

Quadro 7 – Perfil MGB Sumarizado.

Entidades e elementos do Núcleo de Metadados do Perfil MGB Sumarizado			
Entidade / Elemento	Obrigatoriedade	Entidade / Elemento	Obrigatoriedade
1. Título	obrigatório	12. Tipo de Representação Espacial	opcional
2. Data	obrigatório	13. Sistema de Referência	obrigatório
3. Responsável	obrigatório	14. Linhagem	opcional
4. Extensão Geográfica	condicional	15. Acesso Online	opcional
5. Idioma	obrigatório	16. Identificador Metadados	opcional
6. Código de Caracteres do CDG	condicional	17. Nome Padrão de Metadados	opcional
7. Categoria Temática	obrigatório	18. Versão da Norma de Metadados	opcional
8. Resolução Espacial	opcional	19. Idioma dos Metadados	condicional
9. Resumo	obrigatório	20. Código de Caracteres dos Metadados	condicional
10. Formato de Distribuição	obrigatório	21. Responsável pelos Metadados	obrigatório
11. Extensão Temporal e Altimétrica	opcional	22. Data dos Metadados	obrigatório
		23. Status	obrigatório

Fonte: BRASIL, 2011.

A IDE-UFV disponibiliza 31 metadados, e ao se avaliar a amostragem pelo método do lote isolado, considerando um LQA de 4%, o LQ será de 20% (Tabela 1).

Considerando o LQ e o tamanho da população, o tamanho da amostra (n) será de 10 itens e o número de aceitação (Ac) será 0 (Tabela 2). Por se tratar de uma IDE local, o limiar definido para aprovação das medidas que consideram o percentual de erros foi de 5%.

Assim, foram definidos os seguintes metadados para inspeção: Antena de Comunicação, Canteiro Central, Edificação, Edificação de Saúde, Massa D'água, Piscina, Ponto de Drenagem, Trecho Massa D'água, Trecho Rodoviário e Vertedouro e Sumidouro. Ressalta-se que a escolha destes metadados foi aleatória, buscando diversificar os vários temas documentados.

As análises efetuadas não foram automatizadas, foi feita a comparação individual do padrão do Perfil MGB Sumarizado as questões delimitadas por cada medida. Em relação a consistência conceitual, para a medida de elementos obrigatórios observou-se que em para a amostragem de metadados avaliada foram considerados todos os elementos obrigatórios, além de alguns opcionais como o de linhagem e tipo de representação espacial. Desta forma, nenhum item foi reprovado.

Em relação a consistência conceitual de elementos adicionais, observou-se que em todos os metadados foi incluído a descrição de palavras-chave, que é um elemento que não foi considerado no Perfil MGB Sumarizado. A inclusão de um item, entre os 23 elencados pelo perfil considerado padrão, representa um percentual de 4,34%. Adotando um limiar de 5%, nenhum item em inspeção foi reprovado nesta medida.

Na avaliação da coerência conceitual, a descrição textual dos elementos como título, resumo, linhagem e palavras-chave, foram lidos e interpretados. Constatou-se a existência de coerência para todos os metadados analisados. Logo, para esta medida nenhum item em inspeção foi reprovado.

O Quadro 8 demonstra os resultados obtidos na avaliação da consistência de domínio dos metadados. Dos elementos inspecionados, seis metadados (Antena de Comunicação, Massa D'água, Piscina, Ponto de Drenagem, Trecho Massa D'água e Vertedouro e Sumidouro) apresentaram inconsistências no preenchimento do elemento classe temática. A inconsistência ocorreu, pois, a classe elencada era diferente daquela definida na modelagem conceitual concebida para a IDE. A inconsistência em um elemento representa 4,3%, do total de 23 elementos

obrigatórios. Desta forma, nenhum item foi reprovado ao se considerar um limiar de 5%.

Em relação a medida de consistência de delimitação espacial, um metadado (Massa D'água) foi reprovado, representando 10% dos itens em inspeção. Na descrição da extensão geográfica do metadado "Massa D'água" o retângulo representando a extensão geográfica estava invertido, ou seja, o valor de longitude leste estava menor que oeste, e valor da latitude norte menor que a sul.

Quadro 8 – Avaliação da consistência de domínio dos metadados.

Metadado	Consistência de Domínio	
	Elementos	Delimitação Espacial
Antena de Comunicação	4,30%	Verdadeiro
Canteiro Central Polígono	0,00%	Verdadeiro
Edificação	0,00%	Verdadeiro
Edificação de Saúde	0,00%	Verdadeiro
Massa d'água	4,30%	Falso
Piscina	4,30%	Verdadeiro
Ponto de Drenagem	4,30%	Verdadeiro
Trecho Massa d'água	4,30%	Verdadeiro
Trecho Rodoviário	0,00%	Verdadeiro
Vertedouro e Sumidouro	4,30%	Verdadeiro

Em relação a consistência de formato, todos os metadados foram aprovados, pois todos os arquivos eram do tipo XML com codificação válida. Logo, o percentual de reprovação foi igual a zero.

Para avaliar a consistência topológica é preciso primeiramente avaliar se existe relação hierárquica entre os metadados. Observou-se que apesar da modelagem conceitual considerar a "Edificação de Saúde" como uma especificação da classe de "Edificação", nos metadados um não foi referenciado ao outro. Desta forma, 20% dos metadados foram reprovados na medida consistência topológica de hierarquização. Embora não tenha sido referenciado, observou-se a correspondência espacial entre os metadados, sendo ambos aprovados na medida de consistência topológica de posição.

O Quadro 9, apresenta como foi a classificação dos metadados da IDE-UFV para cada um dos subelementos da consistência lógica. Observa-se que para a consistência conceitual e consistência de formato a IDE-UFV foi considerada classe A. Em relação a consistência de domínio foi atingido classe B, visto que para a medida

de consistência de delimitação espacial 10% dos itens em inspeção foram reprovados. Já para a consistência topológica a IDE foi considerada classe C, visto que 20% dos metadados inspecionados foram reprovadas na medida de consistência topológica de hierarquização.

Quadro 9 – Classificação da consistência lógica dos metadados da IDE-UFV.

Elemento de Qualidade	Medida	% de camadas reprovadas	Classe
Consistência conceitual	Consistência conceitual dos elementos obrigatórios	0	A
	Consistência conceitual de elementos adicionais	0	
	Coerência conceitual	0	
Consistência de domínio	Consistência de domínio dos elementos	0	B
	Consistência de delimitação espacial	10	
Consistência de formato	Verificação do arquivo	0	A
Consistência topológica	Consistência topológica de hierarquização	20	C
	Consistência topológica de posição	0	

Ao avaliar a consistência lógica dos metadados da IDE-UFV pode-se constatar que os padrões, políticas e tecnologias definidos para IDE se mostram eficientes. A eficiência é comprovada pela classificação dos elementos de consistência conceitual e de formato, que demonstram que os padrões estão sendo seguidos e por meio das tecnologias empregadas é possível acessar os metadados e efetuar consultas.

No entanto, foi possível diagnosticar algumas melhorias a serem consideradas, como: a inclusão do elemento palavra-chave no padrão de metadados da IDE-UFV, visto que este é um elemento que auxilia no entendimento e definição de ferramentas de busca e foi apresentado para todos os metadados avaliados; a necessidade de melhorias no preenchimento do elemento classe temática, para conciliar melhor a modelagem conceitual concebida e a documentação dos dados; a definição de mecanismos para validação do preenchimento da extensão espacial, para minimizar a ocorrência de erros grosseiros; e a possibilidade de referenciar os metadados pais junto aos metadados filhos, pois estes metadados podem conter descrições gerais que se aplicam ao dado mais específico.

2.3.2. Avaliação da consistência lógica dos dados da IDE-UFV

A IDE-UFV compartilha 32 arquivos de informações espaciais. Observa-se que o número de informações espaciais compartilhados é superior a quantidade de metadados. Esta diferença, evidencia uma questão a ser considerada para melhoria da IDE-UFV, pois demonstra que nem todos os dados compartilhados foram documentados, o que pode dificultar a utilização dos dados, ao não existir descrição do dado, que possibilite entender as suas aplicações.

Uma IDE disponibilizar mais metadados do que dados é compreensível, pois o metadado possibilita a descoberta da existência daquela informação, além de direcionar ao produtor, que poderá ser contactado para possibilitar acesso ao dado. Já o contrário deve ser evitado, pois todos os dados compartilhados precisam estar documentados.

Na concepção da IDE-UFV foi definida uma modelagem conceitual, descrevendo quais temas seriam adotados e quais informações estariam contempladas em cada tema. Além disso, os padrões adotados para os dados foram os definidos pela INDE, seguindo-se a Especificação Técnica para Aquisição de Dados Geoespaciais (ET-ADGV) 2ª Edição (DSG, 2016a) e a Especificação Técnica para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-EDGV) 2ª Edição (DSG, 2016c).

Na definição da amostragem de dados a serem inspecionados, os resultados obtidos foram os mesmos para os metadados, ou seja, empregando o método do lote isolado, considerando um LQA de 4%, o LQ será de 20% (Tabela 1). Considerando o LQ e o tamanho da população, de 32 elementos, o tamanho da amostra (n) será de 10 itens e o número de aceitação (Ac) será 0 (Tabela 2).

Para garantir que a análise contemple a heterogeneidade dos dados disponibilizados pela IDE, diferentes classes e formatos foram considerados na composição da amostragem (Quadro 10).

Como para IDE-UFV foi definida e disponibilizada a modelagem conceitual, em relação a consistência conceitual foi avaliada a medida de conformidade entre os itens e o esquema conceitual proposto para IDE. Todos os itens são condizentes com o modelo, dessa forma, todos receberam valor verdadeiro e nenhum item foi reprovado.

Para a consistência de domínio primeiramente foi definido a amostragem de atributos para os 10 itens a serem inspecionados. Como existem 10 lotes a serem analisados, a amostragem foi definida pelo método lote a lote. Desta forma, foi adotado um LQA de 4% e o nível de inspeção II, e por meio das Tabelas 3 e 4, foram determinados o número de amostra e o número de aceitação para cada item (Quadro 11).

Quadro 10 – Amostragem dos dados para inspeção.

Arquivo	Tipo	Classe
Arruamento	Polígono	Sistema de Transporte
Divisão de Saúde	Polígono	Edificação
Trecho de Drenagem	Linha	Sistema de Drenagem
Passeio	Linha	Sistema de Transporte
Ponto de Referencial Geodésico	Ponto	Referencial Geodésico
Rodovia	Polígono	Sistema de Transporte
Sumidouro ou Vertedouro	Ponto	Sistema de Drenagem
Trilha Picada	Linha	Sistema de Transporte
Vegetação	Polígono	Vegetação
Edificação Municipal	Polígono	Edificação

Para cada atributo definido na amostragem foram avaliadas as medidas de preenchimento nulo, para aqueles atributos de preenchimento obrigatório, e inconsistências, em relação ao tipo definido para cada atributo, tendo como base as definições apresentadas pela ET-EDGV 2ª Edição (DSG, 2016c). Os resultados são demonstrados no Quadro 11.

Analisando as medidas de consistência de domínio, percebe-se que duas camadas foram reprovadas em relação ao preenchimento nulo (Arruamento e Edificação Municipal), pois o número de atributos que apresentaram mais que 5% de atributos nulos foi superior ao Número de Aceitação. De forma análoga, para avaliação das inconsistências três camadas foram reprovadas (Arruamento, Ponto de Referencial Geodésico e Edificação Municipal).

Para avaliação da consistência de formato foram analisadas as medidas de verificação do formato e validade dos arquivos para cada item em inspeção. Todos os arquivos eram do tipo *shapefile* e todos eram válidos, para esta avaliação todos os arquivos foram abertos no QGIS e analisados.

Quadro 11 – Avaliação da consistência de domínio.

Arquivo	Nº de atributos	Nº de amostragem	Ac	Atributos inspecionados	% nulo	% inconsistências
Arruamento	20	5	0	Nome	-	0
				Revestimento*	100	100
				Nº de faixas*	100	100
				Tráfego*	0	0
				Comprimento	-	0
Divisão de Saúde	34	8	1	ID	-	0
				Nome	-	0
				Bloco	-	0
				Altura	-	0
				CEP	-	0
				Logradouro	-	0
				País	-	0
				Área	-	0
Trecho de Drenagem	13	3	0	Regime*	0	0
				Largura	-	0
				Geometria*	0	0
Passeio	9	3	0	Largura	-	0
				Pavimentação*	0	0
				Comprimento	-	0
Ponto de Referencial Geodésico	26	8	1	Data Visita	-	0
				Proximidade*	100	100
				Nome	-	0
				Código Ponto SRC*	-	42,8
				Latitude*	0	0
				Longitude*	0	0
				Altitude	-	0
				Rodovia	25	5
Sigla	-	0				
Concessionária	-	0				
Nº de pistas*	0	0				
Área	-	0				
Sumidouro ou Vertedouro	8	3	0	Causa	-	0
				Tipo	-	0
				Nome	-	0
Trilha Picada	7	3	0	Nome	-	0
				ID	-	0
				Comprimento	-	0
Vegetação	15	3	0	Nome	-	0
				Densidade	-	0
				Área	-	0
Edificação Municipal	35	8	1	Geometria*	100	100
				Número	-	0
				Operacionalização*	100	100
				Altura	-	0
				Turística*	100	100
				CEP	-	0
				Município	-	0
Área	-	0				

*Atributos de preenchimento obrigatório

Na análise da consistência topológica foi avaliada a validade geométrica de todos os itens, considerando cada tipo: ponto, linha ou polígono. A avaliação foi feita

empregando o QGIS, por meio da ferramenta “Verificar a validade da geometria”, que retorna o número de erros, a descrição de cada erro e tem a possibilidade de gerar um novo arquivo contendo os erros identificados. Foi avaliado o número de erros reportados e calculada a porcentagem de erros relativa ao número total de feições. No Quadro 12 são apresentados os resultados obtidos.

Quadro 12 – Avaliação da consistência topológica.

Arquivo	Tipo	% de erros
Arruamento	Polígono	16,7
Divisão de Saúde	Polígono	0
Trecho de Drenagem	Linha	0
Passeio	Linha	3,5
Ponto de Referencial Geodésico	Ponto	0
Rodovia	Polígono	0
Sumidouro ou Vertedouro	Ponto	0
Trilha Picada	Linha	0
Vegetação	Polígono	0
Edificação Municipal	Polígono	0

Foram encontrados erros de geometria nos itens arruamento e passeio, sendo que os principais erros identificados foram nós duplicados e intercessões entre as feições de uma mesma camada. Para avaliar a consistência topológica se faz necessário a definição de um limiar aceitável para porcentagem de erros, o definido para essa análise foi 5%. Desta forma, o item arruamento foi reprovado já que apresentou 16,7% de erros.

Para cada subelemento da consistência lógica foi calculado o percentual de itens reprovados e feita a classificação da IDE em relação a análise dos dados (Quadro 13). Para os elementos de consistência conceitual e de formato dos dados a IDE-UFV foi aprovada na Classe A. Na consistência topológica dos dados, foram observadas algumas inconsistências e a IDE foi considerada Classe C. Em relação a consistência de domínio dos dados, a IDE-UFV foi classificada como Classe D, pois apresentou 30% de camadas em inspeção com inconsistências no preenchimento de atributos.

Ao avaliar a consistência lógica dos dados da IDE-UFV foi possível diagnosticar que os principais problemas estão relacionados aos atributos dos dados, podendo ser definidos mecanismos para completar as informações inexistentes e validar o preenchimento dentre os domínios definidos. Observa-se também, que os arquivos do tipo de polígono, foram os que apresentaram maiores inconsistências geométricas,

tais inconsistências poderiam ser minimizadas com a determinação de padrões para validação dos dados, antes da inserção na IDE.

Quadro 13 – Classificação da consistência lógica dos dados da IDE-UFV.

Elemento de Qualidade	Medidas	% de camadas reprovadas	Classe
Consistência conceitual	Avaliação da adequabilidade quanto ao esquema conceitual	0	A
Consistência de domínio	Verificação de atributos nulos	20	D
	Verificação de inconsistências nos atributos	30	
Consistência de formato	Verificação do formato do arquivo	0	A
	Verificação da validade do arquivo	0	
Consistência topológica	Análise dos pontos inválidos	0	C
	Análise das linhas inválidas	0	
	Análise dos polígonos inválidos	20	

Ao analisar de forma conjunta a avaliação da consistência lógica dos dados e metadados, pode-se constatar que os principais problemas da IDE-UFV se relacionam a consistência de domínio. Este resultado, evidencia que apesar da IDE possuir e disponibilizar os padrões a serem seguidos, algumas medidas podem ser tomadas para garantir que o preenchimento dos elementos dos metadados e dos atributos dos dados, seja feito de forma mais consistente, minimizando a ocorrência de erros grosseiros.

Além disso, os resultados da consistência conceitual, demonstram que a modelagem conceitual proposta e o padrão do Perfil MGB Sumarizado foram seguidos para a disponibilização dos dados e metadados. E ao avaliar a consistência de formato, observa-se que os padrões definidos para os tipos de arquivos foram suportados pelas tecnologias empregadas na implementação da IDE.

2.4. Conclusão

A consistência lógica é um dos elementos da qualidade cartográfica definidos na ISO 19157 e na ET-CQDG, entretanto é possível perceber que ela não é amplamente avaliada como os demais elementos. Na maioria das situações, a análise se concentra principalmente na consistência topológica, a qual está intimamente relacionada com a acurácia posicional, enquanto os demais subelementos são geralmente desconsiderados.

Em relação as IDE, atingir um nível satisfatório de qualidade em termos de consistência lógica, se faz necessário para que a infraestrutura realmente atinja os objetivos na qual foi concebida. Uma das funções de uma IDE é garantir a interoperabilidade no compartilhamento de informações espaciais heterogêneas, para isso a arquitetura computacional e a modelagem conceitual planejadas devem ser bem implementadas e para que os dados realmente sejam reutilizáveis, eles devem ser completos em relação aos atributos e a validade geométrica. A análise completa dos elementos da consistência lógica, permite diagnosticar a qualidade atingida pela IDE em relação a esses critérios, identificando os principais problemas o que possibilita correções e adequações.

Observou-se que não existe um padrão brasileiro para as IDE, algumas tem como foco o compartilhamento de metadados, enquanto outras já possibilitam o download dos dados em si. Constatou-se diferenciações também quanto aos elementos disponibilizados, pois algumas disponibilizam visualizadores e catálogos de metadados, enquanto outras podem apresentar somente diretórios para acesso a pastas. Quanto as políticas, normas e padrões, muitas se baseiam no que está estabelecido pela INDE, enquanto outras tem definições próprias. Divergindo também quanto a clareza e à divulgação da documentação que relata tais políticas e padrões.

Neste sentido, foi proposta uma metodologia para avaliar a consistência lógica das IDE analisando para os metadados e dados cada um dos subelementos, consistência conceitual, consistência de domínio, consistência de formato e consistência topológica. No entanto, o primeiro passo para a análise é avaliar a IDE entendendo os motivos para a qual ela foi concebida, observando se ela possibilita acesso aos metadados e/ou dados e identificando quais os padrões devem ser seguidos.

Tomando como base o colocado na ISO 19157, ISO 2859-1, ISO 2859-2, ET-CQDG e Ureña-Cámara et al. (2019), foram definidos os procedimentos de amostragem a serem adotados, adaptadas as medidas a serem consideradas, elucidado como cada medida pode ser aplicada e proposto uma escala de classificação da IDE em relação a cada um dos subelementos da consistência lógica. Avaliando os quatro subelementos da consistência lógica dos metadados e dados compartilhados em uma IDE é possível diagnosticar se a infraestrutura está cumprindo

seu principal objetivo de compartilhar e possibilitar a descoberta de informações espaciais que possam ser reutilizadas, e inferir a qualidade dos outros componentes da IDE, padrões, políticas e tecnologias.

Para avaliar a aplicabilidade da metodologia foi realizado um estudo de caso para a IDE-UFV. A escolha dessa infraestrutura se deu pelo fato de ser uma IDE local e com modelagem conceitual bem definida, descrita por Silva et al. (2020). Pode-se perceber que a metodologia se mostrou aplicável, de forma não automatizada e utilizando um SIG foi possível avaliar todas as medidas, para análise completa da consistência lógica.

Mesmo a IDE-UFV sendo uma IDE local, com dados produzidos e disponibilizados para um campus universitário, pôde-se constatar que ela apresentou algumas inconsistências em relação a consistência lógica. Ao avaliar cada um dos subelementos observou-se que em relação a consistência de domínio e topológica a IDE apresentou alguns pontos que podem ser melhorados. Alguns elementos dos metadados foram preenchidos erroneamente dentre o padrão para eles definidos, no preenchimento da extensão geográfica foram observados alguns erros grosseiros, parte dos atributos inspecionados não estavam preenchidos ou apresentavam inconsistências no preenchimento, e alguns arquivos espaciais apresentaram problemas de validade geométrica.

Contudo, em relação a consistência conceitual e de formato a IDE foi aprovada como classe A. A avaliação da consistência lógica em uma IDE, não inviabiliza o uso da infraestrutura, dos metadados ou dos dados por ela compartilhados, e sim evidencia e possibilita avaliar cientificamente os pontos em que ela pode ser melhorada para atingir com excelência toda a sua potencialidade.

As inconsistências encontradas para a IDE-UFV demonstram a necessidade de avaliar a consistência lógica em uma IDE, pois em infraestruturas maiores, com dados provindos de diversas fontes, estes problemas podem se potencializar, sendo necessário realizar o diagnóstico para que possam ser feitas correções e melhorias. As correções diagnosticadas podem ser em relação aos dados e metadados, mas também quanto aos padrões, políticas e tecnologias definidos para a IDE. Por exemplo, uma inconsistência em relação ao formato do dado, pode estar ligada a tecnologia empregada para armazenar e disponibilizar esse dado causando algum

corrupção. Caso as políticas de um IDE não estejam bem definidas, descrevendo com clareza cada um dos atores e suas funções, os novos dados e metadados incorporados, armazenados e distribuídos podem estar fora do escopo e objetivos definidos, e a avaliação da consistência conceitual poderá contribuir para a identificação desta incoerência.

Neste sentido, a metodologia apresentada pode ser empregada para avaliar outras IDE, o que possibilitará diagnosticar as infraestruturas, além de avaliar a aplicabilidade do método proposto em diferentes IDE, considerando as suas particularidades. Para tornar a avaliação menos onerosa, em estudos futuros, podem ser definidas formas para automatização das análises realizadas, principalmente em relação a definição das amostragens e aquisição dos dados e metadados a serem inspecionados.

Referências Bibliográficas

ARAÚJO, F. S.; BIAS, E. S.; HOLANDA, M. T., Proposta de um Modelo Conceitual de Banco de Dados Demográficos para o Cadastro Territorial Multifinalitário do Distrito Federal. **Revista Brasileira De Cartografia**, v. 67, p. 701-714, 2015.

ARIZA-LÓPEZ, F. J.; RODRÍGUEZ-AVI, J., Using International Standards to Control the Positional Quality of Spatial Data. **American Society for Photogrammetry and Remote Sensing**. Volume 81, p. 657-668, 2015.

BARROS, E. R. O.; CARNEIRO, A. F. T., Uma proposta de controle de qualidade de informações cadastrais de imóveis rurais. **Revista Brasileira de Cartografia**. Nº 65/2, p. 265-281, 2013.

BORKOWSKA, S; POKONIECZNY, K., Analysis of OpenStreetMap data quality for selected counties in Poland in terms of sustainable development. **Sustainability**, v. 14, n. 7, p. 3728, 2022.

BRASIL, **Perfil de Metadados Geoespaciais do Brasil**: Perfil MGB. Comissão Nacional de Cartografia (CONCAR), 2011.

CHUDÝ, R.; IRING, M.; FECISKANIN, R., Evaluation of the data quality of digital elevation models in the context of INSPIRE. **GeoScience Engineering**, nº 2, p. 9-24, 2013.

DROBNJAK, S.; SEKULOVIC, D.; AMOVIC, M.; GIGOVIC, L.; REGODIC, M., Central geospatial database analysis of the quality of road infrastructure data. **Geodetski vestnik**, v. 60, n. 2, p. 270-284, 2016.

DSG, **Especificação Técnica para Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-ADGV)**. Diretoria do Serviço Geográfico, Brasil, 2016a.

DSG, **Especificação Técnica para Controle de Qualidade de Dados Geoespaciais (ET-CQDG)**. Diretoria do Serviço Geográfico, Brasil, 2016b.

DSG, **Especificação Técnica para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-EDGV)**. Diretoria do Serviço Geográfico, Brasil, 2016c.

FRANÇA, L. L. S.; DE ALMEIDA, A. D. O.; DA PENHA, A. L. T., Avaliação da qualidade dos modelos digitais de elevação Aster e SRTM para o Estado da Bahia. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 69/9, p. 1677-1686, 2017.

FRANÇA, L. L. S.; PORTUGAL, J. L., Consistência Topológica de Dados Geoespaciais. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 74, n. 3, 2022.

GIRRES, J. F.; TOUYA, G., Quality assessment of the French OpenStreetMap dataset. **Transactions in GIS**, v. 14, n. 4, p. 435-459, 2010.

GSDI, **Developing spatial data infrastructures: The SDI Cookbook**. Global Spatial Data Infrastructure Association, United States, 2004.

GUI, D. Z.; LI, G.; LI, C. M., Quality Check in Urban and Rural Cadastral Spatial Data Updating, **Proceeding** of the 8th International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Sciences, p. 65-70, 2008.

GUIMARÃES FILHO, A. G.; BORBA, P.; SILVA, V. H. S.; CERDEIRA, A.; POZ, A. P. D., Quality Control Relevance on Acquisition of Large Scale Geospatial Data to Urban Territorial Management. **IEEE Latin American GRSS & ISPRS Remote Sensing Conference (LAGIRS)**, p. 138-142, 2020.

HASHEMI, P.; ALI ABBASPOUR, R., Assessment of logical consistency in OpenStreetMap based on the spatial similarity concept. In: **Openstreetmap in giscience**. Springer, Cham, p. 19-36, 2015.

HOU, Y.; BILJECKI, F., A comprehensive framework for evaluating the quality of street view imagery. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 115, p. 103094, 2022.

IBGE, **Perfil de Metadados Geoespaciais do Brasil: Perfil MGB 2.0**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 106 p., 2021.

IBGE, **Avaliação da Qualidade de Dados Geoespaciais**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 2017. 96p.

ISO, **ISO 19157:2013: geographic information: data quality**. International Organization for Standardization (ISO), 2013.

ISO, **ISO 2859-0:1995. Sampling procedures for inspection by attributes - part 0: introduction to the ISO 2859 attribute sampling system**. International Organization for Standardization (ISO), 1995.

ISO, **ISO 2859-2:1985. Sampling procedures for inspection by attributes - Part 2: Sampling plans indexed by limiting quality (LQ) for isolated lot inspection**. International Organization for Standardization (ISO), 1985.

LAZORENKO-HEVEL, N.; KARPINSKYI, Y.; KIN, D.; LETS, O., Automation of quality control of digital topographic maps at the scale 1: 50 000 of the Main State Topographic Map in Ukraine. In: **Proceedings of the ICA**. p. 65, 2021.

LAZZAROTTO, D. R., Avaliação da qualidade de base Cartográfica por meio de indicadores e Sistema de Inferência Fuzzy. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 11, n. 2, p. 297-299, 2005.

LIU, Y.; SHI, W.; ZHANG, H.; ZHANG, M., A multilevel stratified spatial sampling approach based on terrain knowledge for the quality assessment of OpenStreetMap dataset in Hong Kong. **Transactions in GIS**, v. 27, n. 1, p. 290-318, 2023.

MARANHÃO, V. C.; CARNEIRO, A. F. T., Análise de Consistência Lógica conforme padrões de qualidade da norma ISO 19133. **Revista Cartográfica**, n. 92, p. 149-171, 2016.

MOSTAFAVI, M.A.; EDWARDS, G.; JEANSOULIN, R., Ontology-based method for quality assessment of spatial data bases. In **International Symposium on Spatial Data Quality**, vol. 4, p. 49–66, 2004.

PASSOS, J. B.; PORTUGAL, J. L.; SILVANO, T. P.; DALMONECH, R. F., Automatização do processo de inspeção da consistência topológica conforme a ET-CQDG. **Anais do XX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, 2023.

RAJABIFARD, A.; BINNS, A.; MASSER, I.; WILIAMSON, I. P., The role of sub-national government and the private sector in future Spatial Data Infrastructures. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 20, p. 727-741, 2006.

RAJABIFARD, A.; WILIAMSON, I. P., Development of a Virtual Australia Utilising na SDI Enabled Platform. **Pharaohs to Geoinformatics FIG Working Week 2005 and GSDI-8**, Cairo, Egito, 2005.

RAMOS, A. P. M.; CAMPOS, M. B.; SANTOS PROL, F.; JUNIOR, J. M.; IVÁNOVÁ, I., Abordagem sistemática para a especificação da qualidade de base cartográfica nos padrões para os dados da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 68/8, p. 1601-1620, 2016.

SALISSO FILHO, J. L., **Avaliação da qualidade do dado espacial digital de acordo com parâmetros estabelecidos por usuários**. Dissertação de Mestrado (Apresentada à Escola Politécnica). Universidade de São Paulo, 2013.

SANTOS JUNIOR, W. M.; RIBEIRO, G. P., Qualidade dos dados geográficos disponibilizados em ambiente de Sistema de Informação Geográfica na Internet. **Anais IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação**, Recife, 2012.

SANTOS, A. G.; SEGANTINE, P. C. L.; SILVA, I., Controle de qualidade de mapas digitais urbanos para uso em Sistemas de Informações Geográficas. **Revista Minerva**. Vol 5, p. 169-176, 2008.

SILVA, P. L.; SANTOS, A. P.; LISBOA FILHO, J., Proposal of an Academic Spatial Data Infrastructure for the Federal University of Viçosa. **International Journal of Spatial Data Infrastructures Research**, v. 15, p. 88-109, 2020.

UREÑA-CÁMARA, M. A.; NOGUERAS-ISO, J.; LACASTA, J.; ARIZA-LÓPEZ, F. J., A method for checking the quality of geographic metadata based on ISO 19157. **International Journal of Geographical Information Science**, 33(1), p.1-27, 2019.

XIE, H.; TONG, X.; MENG, W.; LIANG, D.; WANG, Z.; SHI, W., A Multilevel Stratified Spatial Sampling Approach for the Quality Assessment of Remote-Sensing-Derived Products. **IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing**, vol. 8, p. 4699-4713, 2015.

YAGOUB, M. M., Assessment of OpenStreetMap (OSM) Data: The Case of Abu Dhabi City, United Arab Emirates. **Journal of Map & Geography Libraries**, v. 13, n. 3, p. 300-319, 2017.

ZACHAROPOULOU, D.; SKOPELITI, A.; NAKOS, B., Assessment and Visualization of OSM Consistency for European Cities. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 10, n. 6, p. 361, 2021.

3. MÉTODO HEUA-SDI PARA AVALIAÇÃO DA USABILIDADE DE INFRAESTRUTURAS DE DADOS ESPACIAIS

Resumo: As Infraestruturas de Dados Espaciais (IDE) são plataformas que possibilitam o compartilhamento de informações espaciais, sendo baseadas em políticas e padrões bem definidos, e desenvolvidas a partir de tecnologias, que possibilitam a interoperabilidade entre os dados espaciais produzidos por diferentes metodologias e distintas instituições. No entanto, para que uma IDE atinja toda sua potencialidade, deve possuir uma interface amigável e funcionalidades que sejam úteis e simples, permitindo que o usuário interaja de forma fácil, confiável e eficiente. Desta forma, se faz necessário avaliar a usabilidade de uma IDE, para compreender sua qualidade, detectar possíveis problemas e propor soluções. A usabilidade define o grau que um sistema atinge de eficácia, eficiência e satisfação de acordo com a visão de um determinado grupo de usuários. Este trabalho, propõem um método, denominado HEUA-SDI, que possibilita avaliar a usabilidade de uma IDE, onde, por meio de tarefas, os usuários analisam a adequabilidade da infraestrutura às heurísticas de usabilidade. Neste método, a análise é feita de forma remota, considerando a realidade de equipamentos e redes de acesso dos usuários. A partir da definição do perfil de usuários, é enviado aos possíveis participantes o questionário HEUA-SDI, em que eles deverão realizar tarefas e assinalar para cada tarefa, se foi possível executá-la, se não foi possível, informando o problema ocorrido e a possível solução, ou se a tarefa não se aplica a IDE em análise. Ao analisar os questionários é possível calcular métricas, que descrevem quantitativamente a qualidade da IDE em termos de usabilidade e por meio da descrição dos problemas e possíveis soluções, avaliar qualitativamente. Para avaliar a aplicabilidade do método proposto foram preenchidos questionários pilotos para 16 IDE brasileiras, os resultados obtidos demonstraram que apesar da heterogeneidade de objetivos, políticas, padrões e tecnologias empregadas nas infraestruturas o método proposto se mostrou aplicável para a avaliação da usabilidade. Além disso, obteve-se um diagnóstico geral das IDE brasileiras, onde a maioria atingiu métricas positivas em termos de usabilidade, apresentando padronização das interfaces em relação as heurísticas de Visibilidade do estado do sistema e Estética e design. E os principais pontos negativos observados, foram em relação ao Suporte aos usuários, onde as mensagens em caso de erros não são claras e em muitos casos não auxiliam na solução dos problemas.

Palavras-chave: Informações Espaciais. Métricas de Usabilidade. Heurísticas de Usabilidade. Qualidade de dados espaciais.

3.1. Introdução

Os avanços tecnológicos atrelados às vantagens promovidas pelo compartilhamento de informações espaciais têm contribuído para o desenvolvimento de diversas aplicações Web para disponibilização de dados cartográficos, podendo-se destacar as Infraestruturas de Dados Espaciais (IDE). Uma IDE pode ser definida

como uma plataforma online que interliga os produtores de dados espaciais, os fornecedores e os agregadores de valores, aos utilizadores, sendo baseada em um conceito hierárquico e multidisciplinar (RAJABIFARD e WILLIAMSON, 2005; RAJABIFARD et al., 2006).

Em uma IDE são compartilhadas informações espaciais de forma organizada, respeitando os padrões e acordos definidos em sua concepção. A norma ISO 19157 (2013) define seis elementos de qualidade a serem observados em produtos cartográficos: consistência lógica, completude, acurácia posicional, acurácia temática, acurácia temporal e a usabilidade. Neste sentido, para que uma IDE seja de qualidade e atinja seus objetivos de disseminar os dados cartográficos existentes, tornando-os reutilizáveis, diminuindo os custos e esforços na produção de dados já existentes, é preciso que os dados disponibilizados tenham qualidade cartográfica e que a plataforma possua uma interface amigável, sendo de fácil utilização.

Uma IDE de qualidade permite ao usuário descobrir, filtrar, adquirir e interagir com os dados, de forma fácil, confiável e eficiente (BITTENCOURT e RAMOS, 2018). Neste sentido, um ponto a ser considerado em relação à disponibilização dessas infraestruturas é o conceito de usabilidade, que tem ganhado crescente importância (HENZEN, 2018).

Abraham (2021), em um estudo de revisão bibliográfica, constatou que os principais problemas de usabilidade detectados nos sistemas Web de disponibilização de informação geográfica são: funcionalidades e ferramentas não condizentes com as expectativas dos usuários; ausência de padrões na disponibilização de metadados; falha na identificação de erros antes da disponibilização das aplicações Web; ausência de padronização dos elementos cartográficos e interfaces; e ineficiência das orientações quanto aos erros ocorridos nos sistemas.

De acordo com a norma ISO 9241-11 (1998), a usabilidade é definida como o grau que um produto atinge de eficácia, eficiência e satisfação em um determinado contexto ao ser utilizada por determinado grupo de usuários. Por depender da percepção de determinado grupo de usuários a usabilidade é subjetiva, sendo necessários métodos de avaliação que possibilitem definir com clareza qual a qualidade em termos de usabilidade o sistema em análise atinge.

Além de considerar a percepção dos usuários, também se faz necessária a definição de métodos que permitam avaliar de maneira menos empírica a usabilidade de uma IDE, levando em consideração a sua complexidade. Uma IDE, além de atender as necessidades de satisfação dos usuários, que podem ser variadas, deve possuir mecanismos que contemple os objetivos para os quais foi concebida. Uma IDE institucional por exemplo, pode ser concebida para atender apenas os contribuidores da própria organização, desta forma, a requisição dos usuários desta infraestrutura serão específicas. Existindo desta forma a necessidade de definição de um padrão que defina qual os índices de usabilidade uma IDE deve atender.

Diante deste contexto, este estudo tem como objetivo apresentar uma revisão de literatura das metodologias aplicadas para avaliar a usabilidade de portais de compartilhamento de informações espaciais e propor uma metodologia para a avaliação da usabilidade de uma IDE, que considere a subjetividade das opiniões dos usuários, que possibilite avaliar quantitativamente o nível de qualidade que a IDE apresenta em termos de usabilidade e elencar quais os principais problemas. No método proposto é considerada a avaliação das heurísticas de usabilidade e a opinião dos usuários finais. Por meio da execução de tarefas, os usuários poderão avaliar a adequabilidade da IDE em relação as heurísticas de usabilidade, e apontar nos casos de problemas, possíveis soluções.

3.2. Bibliometria sobre a avaliação da usabilidade em IDE

Realizou-se uma pesquisa bibliométrica com o intuito de avaliar o desenvolvimento e publicação científica de trabalhos que objetivaram avaliar a usabilidade de IDE. A pesquisa foi realizada no dia 23 de novembro de 2022, e os portais utilizados como banco de dados para a pesquisa foram o Web Of Science, Scopus e Portal Periódico Capes. O Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Nível Superior (CAPES) é um acervo científico do Brasil, financiado pelo Governo Federal, que disponibiliza, às instituições de ensino e pesquisa brasileiras, conteúdos produzidos nacionalmente e internacionalmente, publicados por editoras assinadas (CAPES, 2020).

Primeiramente foram feitas sete pesquisas em cada base de dados, adotando os critérios de busca apresentados na Tabela 1. As palavras-chave foram inseridas em inglês, exceto na pesquisa em português no Portal Capes.

Analisando a Tabela 1, pode-se observar que o número de resultados apresentados para publicações relacionadas a “Usabilidade” é expressivo, no entanto ao limitar as consultas a temas relacionados a geoinformação, os resultados encontrados reduzem significativamente. O gráfico (Figura 1) sumariza os resultados encontrados em relação a usabilidade da geoinformação.

Tabela 1 – Critérios de pesquisa.

Critério de busca	Resultados			
	Web Of Science	Scopus	Portal Capes (Inglês)	Portal Capes (Português)
Usabilidade (Usability)	68555	97985	95230	2102
Usabilidade (Usability) AND “Infraestrutura de Dados Espaciais” (Spatial Data Infrastructure)	30	58	59	8
Usabilidade (Usability) AND Geoportal	14	25	37	12
Usabilidade (Usability) AND WebGIS	18	36	26	2
Usabilidade (Usability) AND “Informação Voluntária Geográfica” (Voluntary Geographic Information)	43	40	54	2
Usabilidade AND “Dados Espaciais” (Spatial Data)	194	309	404	7

A Figura 1 apresenta que de forma geral, a base de dados que mais retornou resultados, de modo geral, foi o Portal da Capes ao se efetuar a pesquisa com os termos em inglês. No entanto, pode-se observar que o Portal da Capes retorna resultados duplicados, caso a publicação apareça em diversas páginas da Internet, além de outros tipos de publicações, sem ser em periódicos. Além de retornar também, publicações presentes no repositório do Scopus e do Web of Science.

Percebe-se, que o número de publicações em português é significativamente menor que os resultados em inglês. O que possibilita considerar que essa é uma temática que ainda pode ser melhor abordada e difundida no país.

Analisando a Figura 1, observa-se que a pesquisa que mais retornou resultados foi a mais abrangente de “Usabilidade + Dados Espaciais”. No entanto, essa temática não representa nem 0,5% do total de publicações que contemplam a usabilidade (Tabela 1) para as bases de dados consideradas, como o apresentado na Figura 2.

Figura 1 – Bibliometria da Usabilidade em Geoinformação.

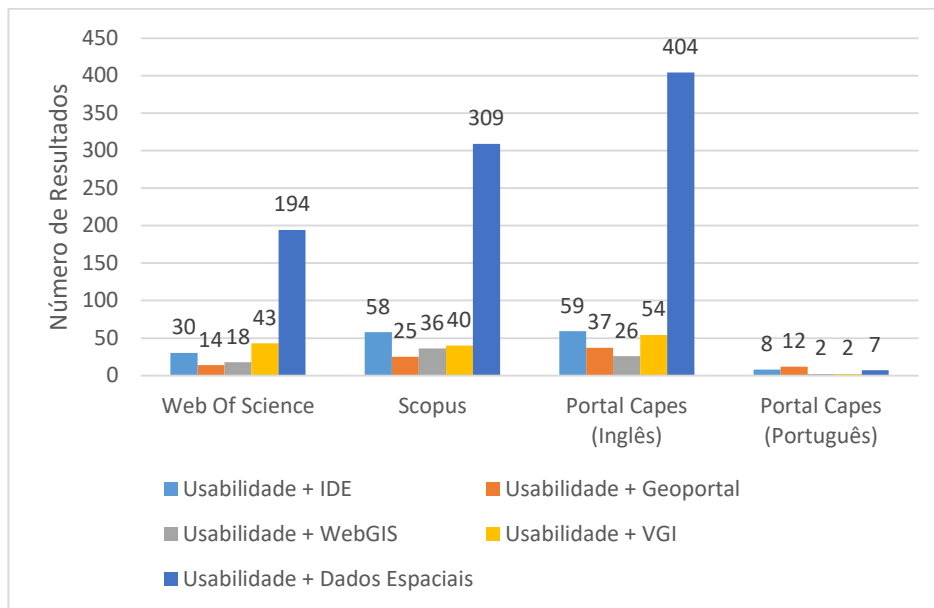
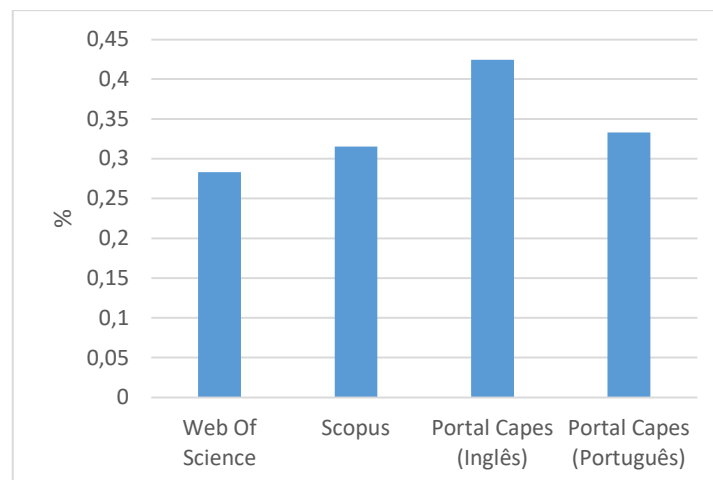


Figura 2 – Percentual de trabalhos de usabilidade relacionados a dados espaciais.

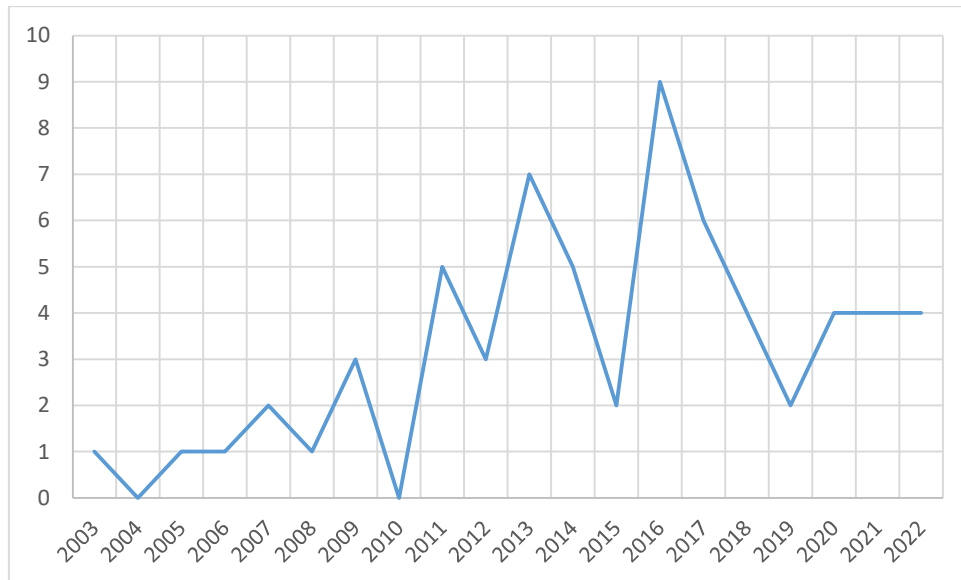


Considerando como objetivo principal avaliar as publicações relacionadas à usabilidade de IDE, os resultados encontrados nas bases de dados “Web Of Science” e “Scopus” para a pesquisa “Usabilidade + IDE” foram exportados para o formato .csv e analisados em planilha eletrônica. Na exportação destes resultados foram coletadas as informações referentes ao Título, Autores, Ano de Publicação, Periódico e Resumo.

Primeiramente, eliminou-se as informações duplicadas resultantes das duas bases de dados. Desta forma, de um total de 155, restaram 64 publicações que foram analisadas e a distribuição temporal das publicações está ilustrada na Figura 3. O primeiro trabalho foi publicado em 2003 e o ápice foi em 2016, com 9 publicações. Avaliando de forma geral, pode-se perceber que a partir de 2011 ocorreu um aumento

de publicações relacionadas ao tema de usabilidade em IDE, e que entre 2017 e 2019 ocorreu uma queda expressiva.

Figura 3 – Distribuição temporal das publicações sobre usabilidade de IDE.



Na Tabela 2 estão sumarizados os periódicos onde foram feitas as publicações e o número de publicação em cada um. Foram totalizados 49 periódicos, 34 relacionados a publicação de trabalhos na área de cartografia e geoinformação, 11 na área de computação e 4 em revistas ambientais e de ciência e tecnologia. O “ISPRS - International Journal of Geo-Information” foi o periódico em que foi publicado o maior número de trabalhos, com oito publicações.

A base de dados da Scopus retorna as palavras-chaves de cada publicação, dentre os resultados encontrados nesta base, apenas treze publicações (20,3%) consideraram a usabilidade como uma palavra-chave. Outra métrica fornecida pela Scopus é o número de citações, com 49 citações a publicação de Liu et al. (2016), intitulada “*Open Polar Server (OPS)- An Open Source Infrastructure for the Cryosphere Community*”, foi a mais referenciada.

Tabela 2 – Número de publicações por periódico.

Periódico	Nº	Periódico	Nº
Federated Conference on Computer Science and Information Systems	1	Geo-Spatial Information Science	1
International Conference on Geographical Information Systems Theory, Applications and Management	1	gis.Science - Die Zeitschrift fur Geoinformatik	2
International Symposium INFOTEH	1	International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives	3
International Conference on Applied Science and Technology	1	International Conference on Human System Interaction, HSI	1
International Conference on Cartography and GIS	1	International Journal of Geographical Information Science	2
Acta Universitatis Carolinae, Geographica	1	International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM	1
Advances in Intelligent Systems and Computing	1	ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences	3
Cartographic Journal	1	ISPRS - International Journal of Geo-Information	8
Cartography and Geographic Information Science	1	Journal of Geographical Systems	1
Communications in Science and Technology	1	Journal of Geovisualization and Spatial Analysis	1
Computers, Environment and Urban Systems	1	Journal of Map and Geography Libraries	1
Crowdsourcing Geographic Knowledge: Volunteered Geographic Information (VGI) in Theory and Practice	1	Journal of Spatial Information Science	1
Data Science Journal	2	Journal of Spatial Science	1
Earth Science Informatics	1	Journal of Surveying Engineering	1
Environmental and Engineering Geoscience	1	Land Use Policy	1
Environmental Management	1	Lecture Notes in Computer Science	2
Estudios Geograficos	1	Lecture Notes in Informatics	1
European Journal of Geography	1	MODSIM: International Congress on Modelling and Simulation	1
GEO: connexion	1	Natural Hazards	1
Geoconference on Informatics, Geoinformatics and Remote Sensing	1	International Workshop on Data Mining with Industrial Applications, DMIA	1
GEODETSKI VESTNIK	1	Proceedings of the Brazilian Symposium on Geoinformatics	1
GEOFOCUS-Revista Internacional de Ciencia y Tecnologia de la Informacion Geografica	1	Revista Brasileira de Cartografia	1
Geographical Information Systems Theory, Applications and Management, GISTAM	1	Spatial Data Infrastructures in Context: North and South	1
Geo-information for Disaster Management	1	Transactions in GIS	1
Geomatica	1		

A partir das análises dos títulos e resumos de cada trabalho, pode-se observar que os trabalhos percursores estavam focados no desenvolvimento de IDE e colocavam a usabilidade como um elemento que deveria ser considerado, mas não apresentavam métodos de como avaliar. Ao todo quinze publicações (23,4%) se destinaram a criação de IDE e incorporação de base de dados. E o primeiro trabalho que realmente avaliou a usabilidade de Geoportais foi publicado em 2009 (VAN OORT et al., 2009).

Das publicações analisadas, dezoito (28,1%) tiveram como objetivo avaliar a usabilidade, e destas apenas 38,8% fizeram pesquisas com os usuários. Nos demais trabalhos a usabilidade foi analisada empregando técnicas computacionais e avaliações na visão dos desenvolvedores dos sistemas. As principais metodologias empregadas nos trabalhos que avaliaram a usabilidade considerando a satisfação dos usuários, foram respostas a questionários (GONZALES-CAMPOS et al., 2017; KALANTARI et al., 2021b; MARTINS et al., 2022), entrevistas (GRUS, et al., 2011; OTHMAN et al., 2017; KALANTARI et al., 2021b) e execução de tarefas nos sistemas (JONES e MAQUIL, 2016; GONZALES-CAMPOS et al., 2017).

Os metadados foram objetos de estudo de cinco publicações (7,8%), sendo que três trabalhos avaliaram a usabilidade de metadados, realizando testes diretamente com os usuários. Os resultados de ambos demonstraram que os metadados e os perfis precisam de melhorias para atingirem maiores níveis de usabilidade na visão dos usuários (KALANTARI et al., 2020; KALANTARI et al., 2021a; KALANTARI et al., 2021b).

A definição e descrição dos padrões adotados foram abordados em oito publicações (12,5%) (O'HAGAN et al., 2007; RATIA, 2008; SANDERSON e RAMAGE, 2009; KIM et al., 2013; POORE e WOLF, 2013; TÓTH e KUCAS, 2016; VINTILA, 2018; HENZEN, 2018). Estes trabalhos destacaram como a adoção de padrões é importante para a garantia da interoperabilidade em uma IDE, e como pode ajudar o sistema a atingir níveis satisfatórios de usabilidade.

Seis publicações (9,3%) consideram dados tridimensionais (3D) (HARRIS e HODZA, 2011; KROOKS et al., 2014; VISURI et al, 2019; SANTHANAVANICH et al., 2022; LIAMIS e MIMIS, 2022; LEI et al., 2022), sendo a primeira publicada em 2011, e três publicadas em 2022. O que demonstra avanços na temática de publicação de

dados espaciais 3D em IDE e a avaliação da usabilidade destes dados, que são mais complexos.

3.3. Avaliação da usabilidade em sistemas de disponibilização de informações espaciais

Como o mostrado pela pesquisa bibliométrica, diversos estudos avaliaram a usabilidade de sistemas e aplicações que disponibilizam informações espaciais na Internet. Nestes estudos, metodologias distintas foram empregadas. Como a aplicação de testes de usabilidade, baseados na solução de tarefas, para avaliar a eficiência e a eficácia dos sistemas (HE et al.; 2012; GONZALES-CAMPOS et al., 2017; ARAÚJO et al., 2017; BAZARGAN et al., 2017; BLAKE et al., 2017; KOMARKOVA et al., 2017; MAHMOUD, 2017; JESUS et al., 2018; PANCHAUD e HURNI, 2018; KALANTARI et al, 2020). No Apêndice A são apresentadas as tarefas definidas para cada pesquisa e qual aplicação Web foi avaliada.

Nestes estudos, os testes de usabilidade foram feitos “in loco”, na presença dos pesquisadores em laboratórios. Para avaliar a eficiência, os pesquisadores analisavam se os participantes conseguiam resolver todas as tarefas e para avaliar a eficácia era analisado o tempo de execução. Na maioria dos trabalhos, a execução dos testes era gravada e os participantes eram induzidos a exporem suas opiniões durante o processo. Para avaliar o nível de satisfação dos usuários foram aplicados questionários, indagando a respeito da satisfação e dificuldades encontradas. HE et al. (2012), Gonzales-Campos et al. (2016), Araújo et al. (2017), Bazargan et al. (2017) e Landeta et al. (2019), aplicaram questionários *System Usability Scale* (SUS).

O SUS é um teste de avaliação subjetiva, realizada por meio de um questionário, que foi desenvolvida por Jon Brooke em 1986 (ARAÚJO et al., 2017). O questionário é composto por dez afirmações, sendo cinco de caráter positivo e cinco de caráter negativo, que possibilita a análise do nível de satisfação do usuário (SAURO e LEWIS, 2011). Cada afirmação é qualificada em uma escala de 1 a 5 pelo usuário, onde 1 corresponde a completo desacordo e 5 a completo acordo. A Figura 4 exemplifica um modelo de questionário SUS.

Figura 4 - Exemplo de questionário SUS.

Versión SUS modificada/adaptada	Muy en desacuerdo = 1	2	3	4	Muy de acuerdo = 5
1. Me gustaría usar el geoportal IDE frecuentemente					
2. Encontré el visualizador del geoportal IDE innecesariamente complejo					
3. Pienso que el geoportal IDE fue fácil de usar					
4. Necesitaría el apoyo de un técnico para utilizar el geoportal IDE.					
5. Encontré que las diferentes funciones del geoportal IDE fueron bien entregadas (constituyen un todo)					
6. Pienso que había demasiadas inconsistencias en el geoportal IDE					
7. Imagino que la mayoría de las personas aprenderían a usar rápidamente el geoportal IDE.					
8. Encontré el geoportal IDE muy difícil de usar					
9. Me sentí muy cómodo usando el geoportal IDE					
10. Necesito aprender muchas cosas antes de utilizar el geoportal IDE					

Fonte: Gonzales-Campos et al. (2017).

Komarkova et al. (2017) apontam que o método de análise da usabilidade a partir do acompanhamento de execução de tarefas e análise de questionário de satisfação permite avaliar de forma satisfatória a usabilidade, no entanto, exige muito tempo e custos para sua aplicação. Além disto, essa metodologia é qualitativa e a análise da eficácia e eficiência dependerá das tarefas consideradas, podendo então, não se basear em alguma literatura que defina quais os requisitos um sistema deve atender para garantir que sejam atingidos os padrões de usabilidade.

Zwirowicz-Rutkowska (2016), para avaliar a usabilidade da IDE da Polônia, propôs um questionário analisando a percepção dos usuários a respeito do nível de utilização da IDE, das razões para não utilizarem a IDE, do número de pessoas da instituição que o usuário atuava que utilizavam a IDE, do conjunto de dados que era disponibilizado, das funções existentes na IDE, da utilização dos dados disponibilizados, da interface, do suporte fornecido aos usuários e do impacto dos produtos disponibilizados quanto a realização de levantamentos topográficos, ao desempenho organizacional de suas instituições e estratégias de objetivos e negócios em suas instituições. Os usuários pontuavam de 0 a 10 as análises colocadas, onde:

- 0 a 3,4 - representa o não cumprimento ou cumprimento muito baixo de um critério;
- 3,4 a 5,4 - representa baixo cumprimento de um critério;
- 5,5 a 6,4 - representa cumprimento médio de um critério;
- 6,5 a 8,4 - representa alto cumprimento de um critério; e
- 8,5 a 10 - representa cumprimento muito alto de um critério.

Ao avaliar os questionários, Zwirowicz-Rutkowska (2016) conseguiu determinar quantitativamente a usabilidade da IDE Polonesa. No entanto os elementos avaliados foram determinados pela perspectiva do autor, a respeito de quais elementos devem ser considerados para avaliar a usabilidade de uma IDE. Zwirowicz-Rutkowska (2016), enviou por meio eletrônico o questionário para parte do público-alvo e foi pessoalmente a empresas para aplicar alguns questionários. O autor aponta que o contato direto foi mais eficaz, embora seja mais demorado, mas ainda assim, mesmo indo a empresas, alguns se recusaram a responder o questionário, por considerá-lo grande ou estarem atarefados com muitas demandas.

Parte da metodologia aplicada por Zwirowicz-Rutkowska (2016), foi feita de forma não presencial, onde os participantes não precisavam estar junto ao pesquisador para responder os questionários. Unrau e Kray (2020), afirmam que é vantajoso avaliar a usabilidade de forma remota, pois assim é considerado a realidade de equipamentos e disponibilidade de acesso que os usuários possuem e estão habituados. Além de diminuir os custos, requeridos para possuir um laboratório e equipamentos específicos, e otimizar o tempo do pesquisador, que não precisa acompanhar a execução da pesquisa com cada participante, sendo assim possível atingir um maior número de participantes.

Abraham (2021), afirma que as heurísticas de usabilidade possibilitam descobrir a origem dos problemas de usabilidade em aplicações de disponibilização de informações espaciais na Web. A avaliação heurística envolve dez princípios que foram propostos por Nielsen (1993) apud Fung et al. (2016), apresentados no Quadro 1.

Jiménez (2012) e Quiñones e Rusu (2017) afirmam que as heurísticas de Nielsen são amplamente reconhecidas e utilizadas. Quando aplicadas para avaliar a usabilidade de um sistema é necessário analisar o quanto ele contempla cada um dos princípios das heurísticas. Estas heurísticas propostas por Nielsen são gerais, dessa forma, foram adaptadas e aplicadas em diversos estudos, para avaliar a usabilidade de diferentes sistemas (SALAZAR et al., 2012; FEIJÓ, 2013; DIAS et al., 2014; ROCHA et al., 2014; BARBOSA et al., 2016; PICANÇO JÚNIOR E DELAZARI, 2016; BLAKE et al., 2017; MACIEL, 2018; MARTINS et al., 2021).

Blake et al. (2017), além de aplicarem testes na avaliação da usabilidade do Geoportal *Big Tem Academic Alliance*, avaliaram também quanto o sistema se adequava as heurísticas. No entanto, a análise das heurísticas foi desenvolvida pelos próprios especialistas que desenvolveram o Geoportal.

Quadro 1 - Heurísticas para avaliação da usabilidade.

Princípios	Descrição
Visibilidade do estado do sistema	O sistema deve sempre manter o usuário informado sobre o que está acontecendo, através de feedback em tempo razoável.
Compatibilidade entre o sistema e o mundo real	O sistema deve falar a linguagem dos usuários, com palavras, frases e conceitos que sejam familiares para eles, em vez de termos técnicos. Deve seguir as convenções do mundo real, fazendo com que informações apareçam de forma natural seguindo uma ordem lógica.
Liberdade e controle do usuário	Se o usuário cometer algum engano na escolha das opções, o sistema deverá indicar a maneira de sair da situação indesejada, sendo possível refazer e desfazer operações com facilidade.
Consistências e padrões	O sistema deve seguir convenções, a fim de evitar que o usuário tenha que adivinhar o significado das ações e diálogos.
Prevenção de Erros	O sistema deve prever possíveis erros cometidos pelos usuários. Se isso não for possível, deve fornecer mensagens que possibilitem o tratamento do erro.
Reconhecimento ao invés de recordação	Minimizar a carga de memória do usuário, fazendo com que os objetos, ações e opções estejam visíveis. O usuário não deve ter que lembrar de informações de uma parte do diálogo para outro.
Flexibilização e eficiência na utilização	Aceleradores de interação, invisíveis para usuários iniciantes e possibilidade de criar atalhos para ações frequentes são recursos apropriados para todos os usuários, independentemente de sua experiência com o sistema.
Estética e design	Os diálogos só devem conter informações relevantes.
Suporte aos usuários (em relação aos erros)	As mensagens de erro devem ser expressas em linguagem simples, indicar claramente o problema e sugerir uma solução.
Ajuda e documentação	A opção de ajuda do sistema deve estar sempre disponível, mesmo quando o sistema é fácil de usar. Esta opção deve ser fácil de localizar e deve ser focada nas tarefas do usuário.

Fonte: Adaptado de Nielsen (1993) apud Fung et al. (2016).

Maciel (2018), propôs um método, que denominou como UsaGEO, para avaliar sistemas agrícolas que consideravam informações espaciais. No desenvolvimento deste método foi considerado o *Heuristic Evaluation with Usability and Accessibility Requirements to Access Web Systems* (HEUA), que é um questionário proposto por Dias et al. (2014), para avaliar a usabilidade de sistemas Web.

Neste questionário, para cada heurística de usabilidade são definidos requisitos do sistema que devem ser avaliados. Para cada requisito deve ser assinalado se o requisito foi atendido (A), não foi atendido (NA) ou não se aplica (NAP) à análise em questão. Nos casos em que o requisito não seja atendido, deve ser colocada uma observação, indicando o problema ocorrido e uma possível solução. A partir da

resposta do questionário podem ser calculadas as métricas Q_t e M_{HEUA} , que correspondem, respectivamente, a quanto o sistema avaliado atende os requisitos em cada heurística e a parametrização da soma de todas as heurísticas avaliadas. A forma de cálculo das métricas são apresentadas nas equações 1 e 2 (DIAS et al., 2014).

$$Q_t = \frac{A - NAT}{REQ_t - NAp} * 100 \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

Q_t : questões, onde t varia de 1 a 10, considerando cada heurística;

A: número de requisitos que o sistema atende;

NAT: número de requisitos que o sistema não atende;

NAp: número de requisitos que não se aplicam ao sistema;

REQ_t: quantidade de requisitos existentes para heurística t .

$$M_{HEUA} = \frac{\sum_{i=1}^{10} Q_t}{10} \quad (\text{Equação 2})$$

Os valores das métricas Q_t e M_{HEUA} variam de -100 a 100, sendo que quanto maior o valor melhor é o nível de usabilidade alcançado.

No método UsaGEO (MACIEL, 2018) foram definidos os requisitos que deveriam ser analisados para cada heurística. O formulário deveria ser respondido por um especialista em usabilidade, que conseguisse avaliar se o sistema em análise atendia ou não cada requisito. A aplicação deste método possibilita a análise quantitativa da usabilidade, considerando as heurísticas definidas na literatura que um sistema deve atender. No entanto, não considera a opinião e satisfação de usuários do sistema e sim de um especialista em usabilidade.

3.4. Usuários considerados em avaliação de usabilidade de sistemas Web de disponibilização de informações espaciais

Na avaliação da usabilidade, dependendo da metodologia a ser empregada, um ponto a ser ressaltado é a escolha do número de participantes que devem ser considerados e qual perfil estes devem possuir. Nielsen (2012), afirma que de forma geral o número ideal para um teste de usabilidade é de cinco participantes. Com esse número de usuários já é possível averiguar as relações de custo-benefício do sistema em análise, não sendo necessário impressionar pelo número de pessoas avaliadas (NIELSEN, 2012).

Tullis e Albert (2013) recomendam que até dez participantes devem ser considerados para avaliação da usabilidade. Já Kalantari et al. (2020) alegam que em testes qualitativos podem ser considerados um número menor de participantes, sendo necessário um maior tempo de interação entre o participante e o pesquisador. Já em testes quantitativos é necessário um maior número de participantes, para realização das análises estatísticas, podendo ocorrer pouca ou nenhuma interação entre os participantes e pesquisadores.

No Quadro 2 é apresentado o número de participantes e o perfil considerado em trabalhos que avaliaram a usabilidade de aplicações Web para disponibilização de informações espaciais.

Quadro 2 – Usuários considerados em análises de usabilidade.

Autor	Participantes	Perfil
He et al. (2012)	14	Especialistas em SIG.
Gonzales-Campos (2016)	14	Profissionais e estudantes da área de geociências.
Araújo (2017)	20	Geoespecialistas do setor público, privado e academia.
Bazargan et al. (2017)	18	Especialistas em SIG.
Blake et al. (2017)	16	Estudantes com e sem experiência em SIG.
Komarkova et al. (2017)	12	Estudantes sem especialização em SIG.
Zwirowicz-Rutkowska (2017)	21	Agrimensores.
Panchaud e Zurich (2018)	9	Três participantes que não conheciam o geoportal, três que o haviam utilizado poucas vezes e três que o utilizavam com frequência.
Landeta et. al (2019)	21	Estudantes de Engenharia de Sistema de Computação.
Kalantari et al. (2020)	5	Diferentes níveis de escolaridade.

Analisando o Quadro 2 é possível perceber que na maioria das avaliações, foram considerados especialistas em informações espaciais ou estudantes da área como participantes. Blake et al. (2017) observaram que a experiência em SIG não foi o fundamental para avaliar o Geoportal *Big Tem Academic Alliance* e sim a familiaridade dos participantes com mecanismos de busca da internet e sites de compra online.

3.5. Método HEUA-SDI para análise da usabilidade de IDE

A partir da análise dos trabalhos que avaliaram a usabilidade em aplicações que disponibilizam informações espaciais na Web, este trabalho propõe um método combinando as heurísticas, que definem quais requisitos de usabilidade um sistema deve contemplar, e a opinião e satisfação dos usuários para análise de uma IDE. O método proposto para a avaliação da usabilidade, consiste na adaptação do questionário HEUA, criando o HEUA-SDI (do inglês *Spatial Data Infrastructure - SDI*) (Quadro 3), onde no lugar da definição de requisitos para cada heurística, propõe-se a execução de tarefas, que ao serem satisfeitas confirmam que a IDE em análise satisfaz aquela heurística.

Ao propor a solução de tarefas, no lugar de análise de requisitos, o questionário pode ser respondido por um usuário, que não precisa ser especialista em usabilidade. Ao final de cada tarefa o usuário irá assinalar se conseguiu resolvê-la (A), sendo assim um requisito atendido; se não conseguiu resolvê-la (NA_t), mostrando que a IDE não atende esse requisito, será solicitado que o participante descreva o problema ocorrido ou proponha uma solução (Obs), possibilitando a análise de sua satisfação; e caso o participante considere que determinada tarefa não se enquadra à IDE em análise, ele poderá classificá-la como não se aplica ao sistema (NA_p).

As tarefas foram definidas com base na análise do Apêndice A, que apresenta as tarefas empregadas nos trabalhos que aplicaram testes de usabilidade. Cada tarefa foi analisada, avaliando em qual heurística ela se enquadrava. Foram analisados também os requisitos definidos por Dias (2014) e Maciel (2018), e inseridas tarefas para analisar os requisitos que se relacionavam a análise de uma IDE.

Quadro 3 – Questionário HEUA-SDI.

Avaliação das Heurísticas	Conclusão após a execução da tarefa			
	A	NAt	NAP	Obs
1 - Visibilidade do estado do sistema	6 tarefas			
Acesse a IDE a partir de mecanismos de pesquisa na internet.				
Encontre a descrição da IDE, o seu objetivo e por quem ela é gerenciada.				
Procure e abra o visualizador de mapas da IDE.				
Procure e abra o catálogo de metadados da IDE.				
Volte para a página inicial da IDE.				
Encontre a data de atualização e versão da IDE.				
2 - Compatibilidade entre o sistema e o mundo real	4 tarefas			
Analise as camadas disponíveis no visualizador de mapas e veja se compreende os nomes adotados para as camadas, as ferramentas e os links disponibilizados.				
Habilite <u>alguma camada</u> .				
Avalie as coordenadas apresentadas ao mover o cursor.				
Avalie a legenda da camada habilitada, analisando se ela se adequa aos elementos representados.				
3 - Liberdade e controle do usuário	5 tarefas			
Habilite <u>uma camada</u> e encontre uma ferramenta que possibilite retornar, desfazendo este comando.				
Aplique um zoom <u>nas camadas</u> que estão disponíveis e utilize o cursor para movimentar a área apresentada no mapa.				
Analise em qual escala as camadas estão sendo apresentadas.				
Utilize alguma opção de atalho por teclas que conheça e verifique se ela é aplicável no visualizador de mapas.				
Tente trocar o idioma no qual a IDE é apresentada.				
4 - Consistências e padrões	4 tarefas			
Ao acessar as diversas funcionalidades da IDE, avalie se existe padronização nas abas apresentadas, como identidade visual e logotipos.				
Avalie a organização das camadas no visualizador de mapas, verificando se elas estão organizadas de forma que você considere lógica.				
Faça o download <u>de uma camada</u> vetorial.				
Avalie se são informados o tamanho e formato do arquivo que está sendo baixado.				
5 - Prevenção de Erros	3 tarefas			
Faça uma consulta textual para encontrar <u>uma camada</u> .				
Busque e analise <u>os atributos da camada</u> espacial habilitada.				
Selecione <u>um dado</u> com base em um atributo. Analise se <u>o dado</u> selecionado é destacado no mapa.				

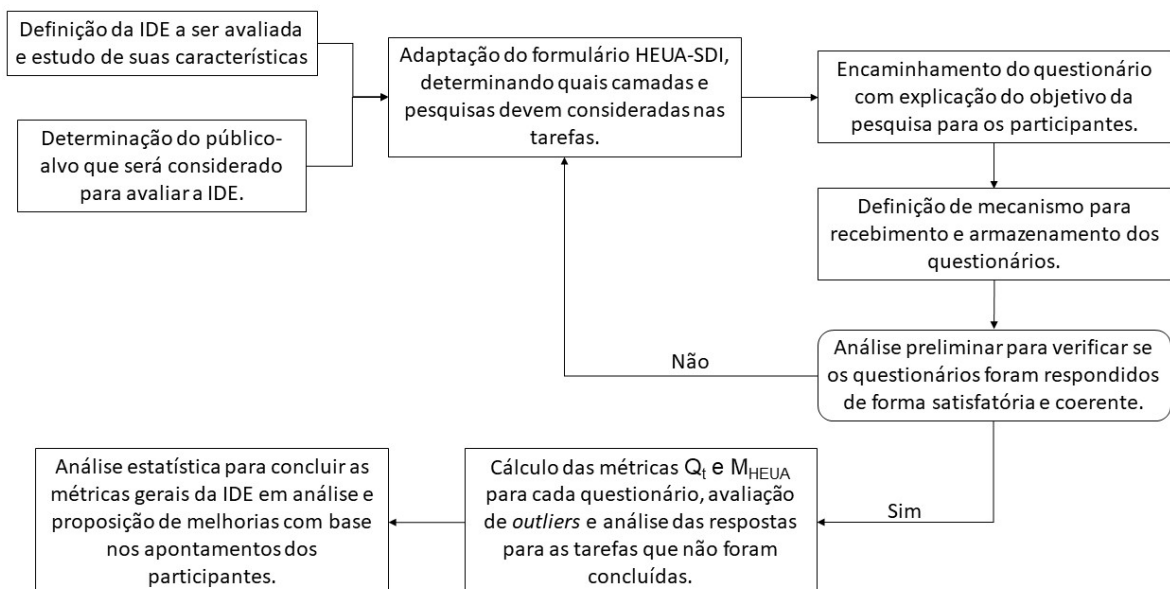
Avaliação das Heurísticas	Conclusão após a execução da tarefa			
	A	NAt	NAp	Obs
6 - Reconhecimento ao invés de recordação	5 tarefas			
Avalie se o sistema apresenta informação textual sobre o funcionamento de cada ferramenta ao passar o cursor sobre ela.				
Analise se as camadas que já foram habilitadas ficam com coloração diferente.				
Altere a simbologia e nível de transparência das camadas habilitadas.				
Calcule a distância entre dois elementos apresentados no mapa.				
Utilize alguma ferramenta para alterar o zoom, apresentando toda a região do mapa.				
7 - Flexibilização e eficiência na utilização	5 tarefas			
Gere um layout com as camadas que você habilitou.				
Agregue um geoserviço WMS ao visualizador de mapas.				
Busque por um conjunto de dados através de ferramentas de busca do catálogo de metadados.				
Analise se pela descrição dos metadados é possível acessar o geoserviço ou realizar o download desse conjunto de dados e analisar a sua data de geração e distribuição.				
De maneira geral, o tempo gasto nas tarefas efetuadas é condizente com a complexidade de cada tarefa executada.				
8 - Estética e design	3 tarefas			
Avalie se as fontes adotadas são legíveis.				
Avalie se as cores adotadas são adequadas e caracterizam bem os elementos cartográficos representados.				
Avalie se a distribuição dos elementos e links facilitam a compreensão e navegação.				
9 - Suporte aos usuários (em relação aos erros)	2 tarefas			
Avalie se as mensagens mostradas em caso de erros são claras e de fácil entendimento.				
Avalie se por meio das mensagens de erro é possível solucionar o problema.				
10 - Ajuda e documentação	3 tarefas			
Encontre a aba de ajuda sobre as ferramentas do visualizador de mapas, catálogo de metadados e acesso ao geoportal.				
Avalie se o arquivo de ajuda é adequado, ou seja, se realmente cumpre com a função de explicar e facilitar o uso das ferramentas existentes.				
Encontre informações que possibilite entrar em contato com os desenvolvedores da IDE.				
Total	40 tarefas			
Onde: A – Tarefa cumprida, NAp – Tarefa não cumprida e NAp – Tarefa que não condiz com a IDE em análise. Nos casos em que for assinalado NAp, na coluna de “Obs”, deverá ser apresentado o problema observado e/ou possível solução para execução da tarefa.				
Nos elementos sublinhados devem ser feitas adaptações, especificando as camadas, dados e elementos que sejam disponibilizados pela IDE e definindo um geoserviço que se aplique a IDE em análise.				

Para a elaboração do questionário foi considerado que uma IDE é composta principalmente pela plataforma inicial que contém as informações descritivas denominada geoportal, um catálogo de metadados e um visualizador de mapas e que todos os elementos são importantes. Assim, foram incorporadas no questionário tarefas que permitem avaliar a transparência do objetivo da IDE, o catálogo e o padrão dos metadados disponibilizados, o visualizador, as ferramentas disponibilizadas, o arquivo de ajuda, as ferramentas de consulta e pesquisa, entre outras funcionalidades.

HE et al. (2012) ressaltam que as tarefas a serem incorporadas em uma análise de usabilidade devem ser simples, já que o objetivo é testar o sistema e não o nível de conhecimento do usuário. Desta forma, as tarefas foram simplificadas e reformuladas de maneira genérica, para poderem ser aplicadas na avaliação de qualquer IDE. No entanto, ao ser aplicadas em testes específicos, elas podem ser adaptadas colocando informações existentes na IDE, como por exemplo definir quais camadas podem ser analisadas, para facilitar a execução para os participantes.

A Figura 5 apresenta a metodologia a ser seguida para avaliar a usabilidade de uma IDE empregando o método HEUA-SDI, proposto neste trabalho.

Figura 5 – Método HEUA-SDI para avaliação da usabilidade em IDE.



A fim de avaliar a usabilidade de uma IDE, é necessário, inicialmente, examinar a infraestrutura para ajustar o formulário HEUA-SDI, delineando as camadas e especificando as pesquisas a serem conduzidas. Dessa forma, o formulário ficará

menos genérico e o participante poderá ter um melhor entendimento do que deve ser feito em cada tarefa.

Também deverá ser definido, qual será o perfil e o número de participantes necessário para realização do teste. Analisando o Quadro 2, é possível perceber que na maioria dos trabalhos são considerados especialistas em informações cartográficas para participarem dos testes de usabilidade. Neste sentido, é proposto que os participantes tenham algum conhecimento sobre SIG e informações espaciais. Entretanto, considerar participantes com níveis distintos de especialização, pode contribuir na análise, ao avaliar a usabilidade na concepção de pessoas com muita ou pouca experiência. Deve-se considerar também, os objetivos na qual a IDE foi concebida, pois caso seja uma infraestrutura para uma aplicação específica, os participantes devem caracterizar esse propósito.

Ao analisar o Quadro 2, verifica-se que a média para os testes realizados é de 15 participantes. Desta forma, para aplicação deste método de usabilidade é proposto considerar pelo menos 20 participantes, já que ao fim serão geradas métricas quantitativas da avaliação da usabilidade.

Para diminuir os custos, possibilitar a participação de mais usuários, e avaliar a real condição de usabilidade da IDE, quando o usuário utiliza os seus equipamentos e conexão de rede, o questionário deverá ser respondido pelo participante sem a interação com o pesquisador. Desta forma, deverão ser identificados os possíveis participantes e enviar o questionário a eles, com uma apresentação detalhada do objetivo da pesquisa e os passos para executá-la.

No teste realizado por Zwirowicz-Rutkowska (2016), apenas 13% dos questionários encaminhados foram respondidos. Dado esse percentual, é necessário enviar pelo menos 154 questionários para alcançar a participação de 20 indivíduos. Também é recomendável estabelecer critérios para a seleção dos destinatários do questionário, procurando motivar potenciais participantes que possam contribuir significativamente para a pesquisa. Isso inclui considerar categorias como estudantes, pesquisadores e usuários da IDE, que serão beneficiados com a melhoria a ser proposta a partir dos resultados da pesquisa.

Ao encaminhar os questionários, devem ser definidas medidas para armazenamento e recebimento das respostas. Uma alternativa viável é a criação de formulários online, que facilitam o preenchimento e podem ser facilmente armazenados e analisados. Outra sugestão é cadastrar o formulário junto a própria IDE, indicando um caminho para que os próprios usuários possam avaliar e contribuir com melhorias. Desta forma, a IDE poderá ser constantemente avaliada e identificar problemas que poderão ocorrer com o passar do tempo.

A partir do recebimento dos questionários, deve ser feita uma análise preliminar, avaliando se os questionários foram respondidos de forma satisfatória e coerente. Caso necessário, o questionário poderá ser analisado e readaptado para facilitar a compreensão para os participantes da pesquisa.

Em posse de todos os questionários, para cada um devem ser calculadas as métricas Q_t e M_{HEUA} , conforme as Equações 1 e 2, atentando que, no lugar dos requisitos, são avaliadas as tarefas cumpridas ou não, e aquelas que não se adequam à IDE em análise. Deve-se avaliar a existência de *outliers* (questionários que destoam consideravelmente dos demais) e também analisar os problemas elencados pelos participantes, em relação as tarefas que não conseguiram concluir e as observações que apresentaram.

Para avaliar a IDE como um todo devem ser aplicadas análises estatísticas para gerar métricas gerais. Dessa forma, podem ser calculadas as médias e os desvios-padrão para cada heurística (Q_t) e para análise global (M_{HEUA}). Em posse das métricas de adequabilidade da IDE às heurísticas de usabilidade e das informações qualitativas fornecidas pelos participantes, é possível avaliar a IDE e propor melhorias.

3.6. Aplicação de questionários pilotos

Para avaliar a aplicabilidade do método proposto, foram preenchidos questionários pilotos avaliando algumas IDE brasileiras. Ao todo foram consideradas 16 infraestruturas de diferentes categorias como nacional, estadual, ambiental, municipal e acadêmica. As IDE avaliadas estão descritas no Quadro 4.

Quadro 4 – Descrição das IDE que foram avaliadas por meio dos questionários pilotos.

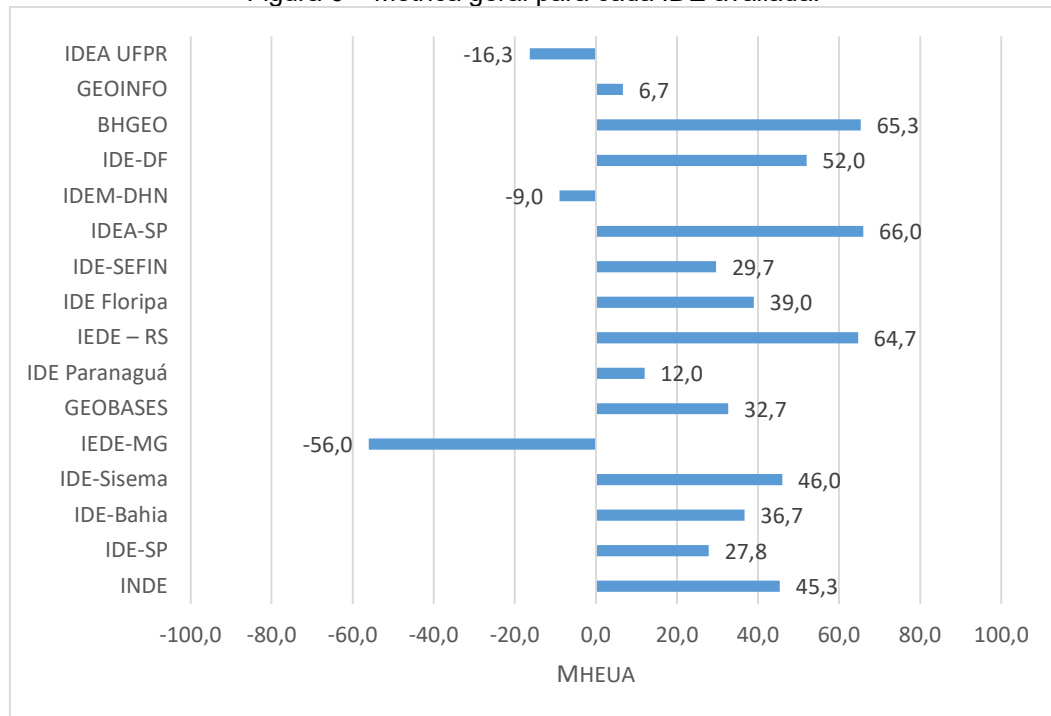
IDE	Descrição
INDE	Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais Brasileira.
IDE-SP	IDE do estado de São Paulo.
IDE-Bahia	IDE do estado da Bahia.
IDE-Sisema	IDE do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Minas Gerais.
IEDE-MG	IDE estadual de Minas Gerais.
GEOBASES	IDE estadual do Espírito Santo.
IDE Paranaguá	IDE municipal de Paranaguá – PR.
IEDE – RS	IDE estadual do Rio Grande do Sul.
IDE Floripa	IDE municipal de Florianópolis -SC.
IDE-SEFIN	IDE da Secretaria de Finanças de Fortaleza – CE.
IDEA-SP	IDE ambiental do estado de São Paulo.
IDEM-DHN	Infraestrutura de Dados Espaciais Marinhos da Diretoria de Hidrografia e Navegação.
IDE-DF	IDE do Distrito Federal.
BHGEO	IDE do município de Belo Horizonte – MG.
GEOINFO	IDE da EMPRABA.
IDEA UFPR	IDE acadêmica da Universidade Federal do Paraná.

Durante o mês de junho de 2023, cada IDE foi acessada e um questionário HEUA-SDI foi preenchido. Trata-se de um teste piloto, pois a avaliação foi feita somente pelo autor do trabalho. Desta forma, foi possível avaliar cada infraestrutura, mas sem considerar o nível de satisfação na visão de diversos usuários.

Apesar das especificidades de cada IDE, como disponibilização ou não de visualizador de dados e catálogos de metadados, possibilidade ou não de realização de download dos dados, distinções quanto as tecnologias, normas e padrões adotados, foi possível preencher o formulário e avaliar cada uma. A possibilidade de assinalar a opção não se aplica, permitiu considerar as particularidades de cada IDE, sem promover interferências nas métricas propostas pelo método HEUA-SDI.

A Figura 6 apresenta os valores da métrica geral MHEUA para cada IDE avaliada. Para o preenchimento de todos os questionários seguiu-se o mesmo padrão na visão de satisfação do autor, considerando que a existência de visualizador e catálogo de metadados, possibilidade de download, descrição detalhada das políticas, normas e padrões são elementos necessários para garantir a usabilidade da IDE.

Figura 6 – Métrica geral para cada IDE avaliada.



Analisando a Figura 6, observa-se que a maioria das IDE apresentaram valor de MHEUA positivo, o que indica que a IDE é favoravelmente adequada as heurísticas de usabilidade. A IDEA-SP, BHGEO e IEDE-RS foram as que atingiram as melhores métricas de usabilidade, sendo respectivamente 66,0, 65,3 e 64,7. Apenas três IDE, apresentaram métrica geral negativa, o que evidencia que estas não contemplam de forma favorável as heurísticas de usabilidade.

A IEDE-MG apresentou o menor valor, sendo este igual a -56,0, no entanto, ao avaliar esta IDE, foi observado aspectos que indicavam que ela se encontrava em fase de transição ou exclusão, pois a maioria das funcionalidades não estavam ativas. Percebe-se que a avaliação da usabilidade é relativa ao momento em que a IDE está sendo analisada, podendo ocorrer interferências quando a infraestrutura está passando por melhorias ou manutenções, sendo fundamental nesses casos uma comunicação para os usuários que acessam a plataforma.

A Tabela 3 apresenta as estatísticas gerais para cada heurística de usabilidade, como média, valor máximo, mínimo e desvio padrão. Já a Figura 7 sumariza os resultados de cada métrica de usabilidade para cada IDE. Analisando os resultados encontrados, pode-se perceber que para a grande maioria das IDE avaliadas a nota máxima em cada heurística foi igual a 100. Somente para a heurística Q4 –

Consistências e padrões, que o valor máximo encontrado foi 50, isso ocorreu pois nenhuma das infraestruturas avaliadas informam o tamanho do arquivo ao possibilitar o download. Tal informação, poderia contribuir para o usuário avaliar o tempo necessário para o download e existência de espaço suficiente para baixar o arquivo.

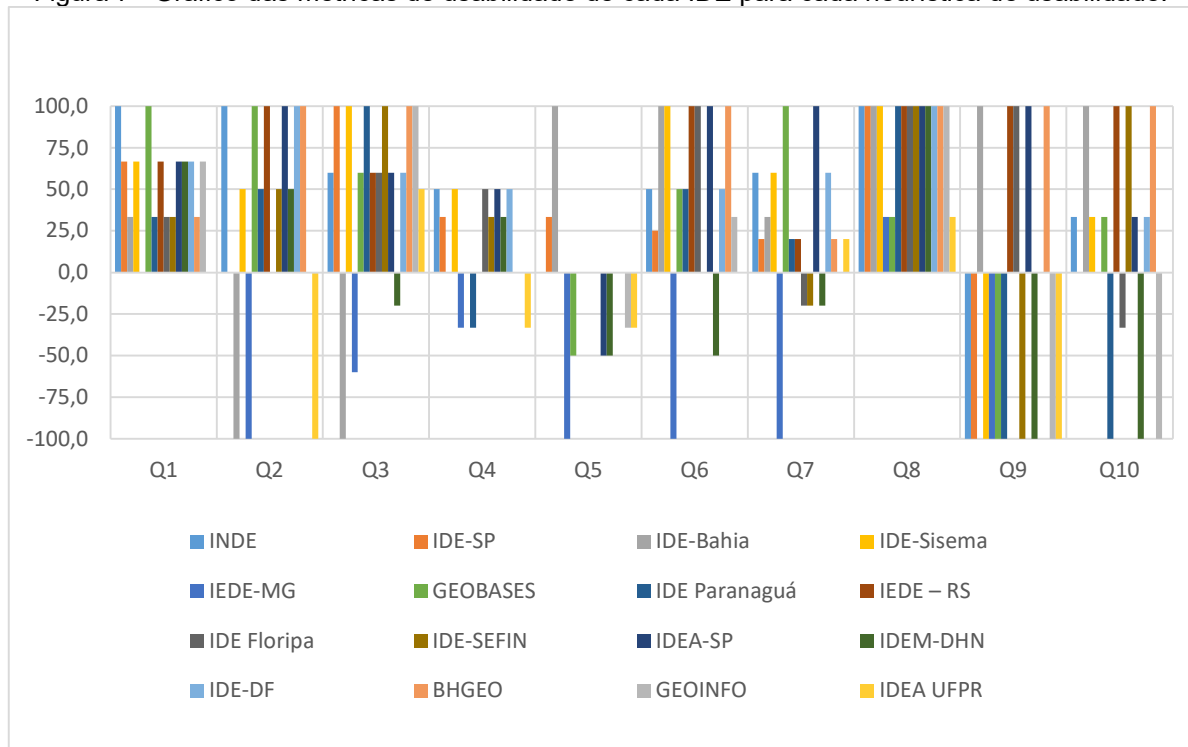
Tabela 3 – Estatísticas gerais das métricas para cada heurística de usabilidade.

Métrica	Média	Máximo	Mínimo	Desvio Padrão
Q1 - Visibilidade do estado do sistema	52,1	100	0,0	29,7
Q2- Compatibilidade entre o sistema e o mundo real	31,3	100	-100,0	75,0
Q3- Liberdade e controle do usuário	51,9	100	-100,0	60,6
Q4 - Consistências e padrões	15,6	50	-33,3	31,9
Q5- Prevenção de erros	-11,5	100	-100,0	43,8
Q6 - Reconhecimento ao invés de recordação	44,3	100	-100,0	59,4
Q7 - Flexibilização e eficiência na utilização	22,1	100	-100,0	49,9
Q8 - Estética e design	87,5	100	33,3	26,9
Q9 - Suporte aos usuários	-31,3	100	-100,0	94,6
Q10 - Ajuda e documentação	14,6	100	-100,0	69,9
MHEUA	27,7	66	-56,0	33,4

Analisando a Figura 7, observa-se que somente para as heurísticas Q1 – Visibilidade do estado do sistema e Q8 – Estética e design, todas as IDE atingiram métricas positivas. O que evidencia uma padronização brasileira das plataformas de disponibilização de informação espacial, pois foi possível encontrar todas as IDE em análise ao realizar a busca pelo Google, todas apresentaram descrição do objetivo da infraestrutura, além de possuírem mecanismos para navegar entre as diversas abas que compõem a IDE. Em relação a parte de estética e design, as IDE são parecidas, com diagramações similares as adotadas pelos SIG, o que facilita a utilização.

Em relação aos resultados negativos, observa-se que em sete heurísticas o valor mínimo encontrado foi -100, demonstrando que pelo menos uma IDE estava em total desacordo com a heurística em análise. Ao analisar a Figura 7, pode-se observar que a heurística Q9 – Suporte aos usuários, foi a que apresentou os piores resultados, com 62,5% das IDE alcançando métrica igual a -100. Nesta heurística de usabilidade, era avaliado a clareza das mensagens de erro e o quanto elas ajudavam a solucionar os problemas. Foi possível constatar que a maioria das IDE apresentam mensagens de erro genéricas e codificadas, sem informar mecanismos claros de solução.

Figura 7– Gráfico das métricas de usabilidade de cada IDE para cada heurística de usabilidade.



Outra heurística que apresentou destaque negativo foi a Q5 – Prevenção de Erros, onde 37,5% das IDE alcançaram métricas negativas. Nesta heurística era avaliado a possibilidade de realização de consultas pelos atributos das informações espaciais, onde observou-se que poucas IDE possuem essa funcionalidade. A possibilidade de consulta aos atributos pode ser útil em diversas análises espaciais, no entanto a utilização das ferramentas para tal propósito pode requerer conhecimentos mais específicos dos usuários.

A heurística Q5 também avaliou se a IDE sinaliza os processos já desenvolvidos e a funcionalidades já ativadas pelo usuário. Em relação a este quesito, nenhuma IDE avaliada assinalava qual camada já havia sido habilitada. Essa funcionalidade disponível em diversas páginas web, poderia ser considerada nos visualizadores de mapas e catálogo de metadados com intuito de auxiliar os usuários a compreenderem quais informações já acessaram.

A realização do teste com questionários pilotos possibilitou constatar que o método proposto é aplicável a diferentes IDE, apesar das especificidades de cada uma e dos distintos objetivos, padrões e tecnologias definidos e adotados. Ademais, os resultados encontrados possibilitaram desenvolver um diagnóstico geral das IDE brasileiras.

3.7. Conclusão

As Infraestruturas de Dados Espaciais promovem vantagens ao compartilharem de forma padronizada os dados espaciais e permitir por meio do catálogo de metadados a descoberta das informações existentes, no entanto, para que toda sua potencialidade seja atingida é preciso que ela atenda altos parâmetros de usabilidade. Com o avanço tecnológico é crescente o número de IDE e trabalhos que buscam avaliar a usabilidade, em termos da eficácia, eficiência e satisfação dos usuários.

Contudo, ao realizar a pesquisa bibliográfica foi possível constatar que a maioria dos trabalhos se concentram na aplicação de testes de usabilidade, a partir da análise da execução de tarefas definidas pelos pesquisadores. Essas tarefas nem sempre são baseadas nos requisitos de usabilidade que um sistema deve satisfazer, descritas pelas heurísticas de usabilidade. Em muitos casos, as análises são somente qualitativas, como é definido na ISO 19175 (2013), mas nestas análises não existem métricas e padrões para concluir o nível de qualidade em relação a usabilidade, o que inviabiliza a comparação entre Geoportais e a análise em diferentes épocas.

A avaliação das heurísticas foi considerada em alguns trabalhos, mas essa análise foi feita por especialista em usabilidade, que em alguns casos fazia parte da equipe que concebeu o sistema. Desta forma, apesar de ser quantitativa, nestes estudos não foi avaliado a satisfação dos usuários.

Neste sentido, é proposto um método para avaliação da usabilidade empregando o questionário HEUA-SDI. Este é um método quantitativo que considera as heurísticas, e gera métricas para avaliar a usabilidade. Contudo, a análise é feita por usuários, que não precisam ser necessariamente especialistas de usabilidade, assim a aplicação deste método fornece também informações qualitativas a respeito da satisfação dos usuários.

Outra vantagem desse método é a possibilidade de pesquisa ser realizada de forma remota, onde o participante pode executar as tarefas e preencher o formulário sem o acompanhamento do pesquisador. Realizar o teste em um ambiente real, levando em conta a variedade de equipamentos e conexões de redes pelas quais a

IDE pode ser acessada, não apenas reduz os custos, mas também possibilita alcançar um maior número de participantes.

Para que se atinja sucesso ao avaliar a usabilidade de uma IDE, pelo método HEUA-SDI, deve-se atentar a forma de divulgar e apresentar os questionários. Para que os participantes entendam claramente como devem proceder e se motivem a contribuir com a pesquisa.

Para avaliar a aplicabilidade do método proposto aplicado o questionário HEUA-SDI para 16 IDE brasileiras. A aplicação dos questionários pilotos, demonstrou que foi possível aplicar o método para avaliar cada uma das IDE. Apesar da heterogeneidade dos objetivos, políticas, padrões e tecnologias empregadas em cada infraestrutura, a opção de assinalar “Não se aplica” em uma determinada tarefa do questionário, possibilitou considerar as especificidades da IDE, sem interferir nos cálculos das métricas. Por exemplo, para uma IDE que não possuía visualizador de mapas, nenhuma análise de ferramentas do visualizador foi considerada.

Além disso, a análise dos questionários pilotos, embora desconsiderando a satisfação de diversos usuários, possibilitou realizar um diagnóstico geral dos índices de usabilidade das IDE brasileiras. A maioria das IDE apresentaram métricas gerais positivas, indicando adequabilidade favorável às heurísticas de usabilidade. Em relação as heurísticas de Visibilidade do estado do sistema e Estética e design, todas as IDE atingiram valores positivos, demonstrando padronização nas plataformas compartilhadas atualmente, o que facilita a difusão, utilização e familiarização dos sistemas para os usuários.

O principal destaque negativo foi em relação Suporte aos usuários, onde observou-se que a maioria das IDE analisadas não apresentam mensagens claras quando ocorre erros, e essas mensagens não contribuem no entendimento do problema ou solução. Logo, constata-se a necessidade de melhoria para as IDE em relação ao suporte na ocorrência de problemas que são inerentes à utilização de sistemas computacionais.

Outros pontos de melhorias observados relacionam-se a possibilidade de informar o tamanho dos arquivos disponíveis para download, bem como o destaque dos dados e metadados que já foram acessados. Adicionalmente, recomenda-se que

o sistema de ajuda das IDE, que em sua maioria disponibilizam grandes manuais de utilização, sejam implementadas por abas de ajuda mais resumidas, embutidas a cada página da IDE. Isto facilita, de forma mais efetiva, a compreensão do funcionamento das ferramentas.

Em futuras pesquisas, pretende-se utilizar o método proposto para avaliar IDE de acordo com a metodologia estabelecida, permitindo que os usuários respondam aos questionários. Isso viabilizará a avaliação prática da aplicabilidade do método HEUA-SDI, bem como a identificação das principais dificuldades que podem surgir. A expectativa é que este método possa contribuir para a análise e sugestão de melhorias nas IDE.

Referências Bibliográficas

ABRAHAM, S. A., Usability Problems in GI Web Applications: A lesson from Literature. **AGILE: GIScience Series**, v. 2, p. 1-7, 2021.

ARAÚJO, V. O. H.; CAMPOS, M. E. G.; OLIVEIRA, R. A. A. C., Usabilidade: um estudo aplicado ao Visualizador da Infraestrutura de Dados Espaciais do Brasil (VINDE). **Revista Cartográfica**, p. 43-61, 2017.

BARBOSA, G.; OLIVEIRA, E.; D'CARLO, D., Usabilidade em Aplicativos Móveis Educacionais: Um conjunto de Heurísticas para Avaliação. **Anais Simpósio Brasileiro de Informática na Educação – SBIE**, 2016.

BAZARGAN, K.; REZAEIAN, A.; HAFEZNIA, H., Measuring and evaluating the user experience strategy maturity of spatial web-based projects: a case study of Tehran web-based map. In: **International Conference on Human-Computer Interaction**, Springer, p. 631-644, 2017.

BITTENCOURT F. A.; RAMOS, J. A. S., Como assegurar qualidade e confiabilidade dos geoserviços de uma IDE. **Anais 1º Simpósio Brasileiro de Infraestrutura de Dados Espaciais**, Rio de Janeiro, 31-32 p., 2018.

BLAKE, M.; MAJEWICZ, K.; TICKNER, A.; LAM, J., Usability analysis of the Big Ten Academic Alliance Geoportal: Findings and recommendations for improvement of the user experience. **Code4Lib Journal**, n. 38, 2017.

CAPES, **Quem somos**. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, 2020. Disponível em: <<https://www-periodicos-capes-gov-br.ez30.periodicos.capes.gov.br/index.php/sobre/quem-somos.html>>. Acesso em: 13 de setembro de 2023.

DIAS, A. L.; FORTES, R. P.; MASIERO, P. C., HEUA: A Heuristic Evaluation with Usability and Accessibility requirements to assess Web systems. **Proceedings of the 11th Web for All Conference**, p. 1-4, 2014.

FEIJÓ, V. C., Heurística para avaliação de usabilidade em interfaces de aplicativos smartphones: Utilidade, Produtividade e Imersão. **Jornal Design e Tecnologia**, v. 3, n. 6, p. 33-42, 2013.

FUNG, R. H. Y.; CHIU, D. K.; KO, E. H.; HO, K. K.; LO, P., Heuristic Usability Evaluation of University of Hong Kong Libraries' Mobile Website. **The Journal of Academic Librarianship**, v. 42, n.5, p. 581-594, 2016.

GONZÁLEZ-CAMPOS, M. E.; BERNABÉ-POVEDA, M. Á.; PAZMIÑO, M. F. L., Metodología para evaluar la usabilidad del visualizador de mapas del geoportal IDE de Ecuador. **GeoFocus. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica**, n. 19, p. 109-127, 2017.

GRUS, L.; CROMPVOETS, J. W. H. C.; BREGT, A. K.; VAN LOENEN, B.; FERNANDEZ, T. D.; VANDENBROUCKE, D., Evaluating the application of the multi-view spatial data infrastructure assessment framework. **Journal of Spatial Science**, v. 56, n. 1, p. 121-141, 2011.

HARRIS, T. M.; HODZA, P., Geocollaborative soil boundary mapping in an experiential GIS environment. **Cartography and Geographic Information Science**, v. 38, n. 1, p. 20-35, 2011.

HE, X.; PERSSON, H.; ÖSTMAN, A., Geoportal usability evaluation. **International Journal of Spatial Data Infrastructures Research**, v. 7, p. 88-106, 2012.

HENZEN, C., Building a framework of usability patterns for web applications in spatial data infrastructures. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 7, n. 11, p. 446, 2018.

ISO, **ISO 19157:2013: geographic information: data quality**. International Organization for Standardization, 2013.

ISO, **ISO 9241-11: Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) - Part 11 Guidance on usability**. International Organization for Standardization, 1998.

JESUS, E. G. V.; BRITO, P.; FERNANDES, V., Avaliação da usabilidade do geoportal da infraestrutura de dados espaciais da Bahia (IDE-BA). **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 70, p.1734-1757, 2018.

JIMÉNEZ, C.; RUSU, C.; RONCAGLIOLO, S.; INOSTROZA, R.; RUSU, V., Evaluating a methodology to establish usability heuristics. In: **2012 31st International Conference of the Chilean Computer Science Society**. IEEE, p. 51-59, 2012.

JONES, C. E.; MAQUIL, V., Towards geospatial tangible user interfaces: An observational user study exploring geospatial interactions of the novice. In: **Geographical Information Systems Theory, Applications and Management: First International Conference, GISTAM 2015, Barcelona, Spain, April 28-30, 2015, Revised Selected Papers**. Springer International Publishing, p. 104-123, 2016.

KALANTARI, M.; SYAHRUDIN, S.; RAJABIFARD, A.; HUBBARD, H., A Proposal for a User-Oriented Spatial Metadata Profile. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 10, n. 6, p. 376, 2021a.

KALANTARI, M.; SYAHRUDIN, S.; RAJABIFARD, A.; HUBBARD, H., Synchronising spatial metadata records and interfaces to improve the usability of metadata systems. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 10, n. 6, p. 393, 2021b.

KALANTARI, M.; SYAHRUDIN, S.; RAJABIFARD, A.; SUBAGYO, H.; HUBBARD, H., Spatial Metadata Usability Evaluation. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 9, n. 7, p. 463, 2020.

KIM, S.; SUH, J.; ROH, T. D.; HYUN, C. U.; YI, H.; OH, S.; PARK, H. D., Efficient management and application of National Borehole Data in Korea. **Environmental & Engineering Geoscience**, v. 19, n. 3, p. 221-230, 2013.

KOMARKOVA, J.; SEDLAK, P.; HABRMAN, J.; CERMAKOVA, I, Usability evaluation of web-based gis by means of a model. In: **2017 international conference on information and digital technologies (idt)**. IEEE, p. 191-197, 2017.

KROOKS, A.; KAHKONEN, J.; LEHTO, L.; LATVALA, P.; KARJALAINEN, M.; HONKAVAARA, E., WebGL visualisation of 3D environmental models based on finnish open geospatial data sets. **The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v. 40, p. 163-169, 2014.

LANDETA, P.; VÁSQUEZ, J.; GRANDA, P.; LUCANO, F.; GARCÍA-SANTILLÁN, I., Evaluation of Usability in Raster Data Management Module Integrated to a Geoportal. **Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação**, n. E19, p. 14-27, 2019.

LEI, B.; STOUFFS, R.; BILJECKI, F., Assessing and benchmarking 3D city models. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 37, n. 4, p. 788-809, 2022.

LIAMIS, T.; MIMIS, A., Establishing Semantic 3D City Models by GRextADE: The Case of the Greece. **Journal of Geovisualization and Spatial Analysis**, v. 6, n. 1, p. 15, 2022.

LIU, W.; PURDON, K.; STAFFORD, T.; PADEN, J.; LI, X., Open Polar Server (OPS) - An open source infrastructure for the cryosphere community. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 5, n. 3, p. 32, 2016.

MACIEL, D. R., **USAGEO: Método para avaliação de usabilidade em Sistemas Agrícolas**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Ponta Grossa. 2018.

MAHMOUD, B. A., **Assessing the Usability of Municipal Spatial Data Infrastructure**. Dissertação de Mestrado. Utrecht University. 2017.

MARTINS, V. E.; AMORIM, J. L.; SCHMIDT, M. A. R.; CAMBOIM, S. P., Estudo de Usabilidade Aplicado no Geoportal da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE) Considerando a Função dos Stakeholder. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 74, n. 3, 2022.

MARTINS, V. E.; SCHMIDT, M. A. R.; DELAZARI, L. S., Selecting Usability Heuristics to Evaluate Responsive Maps: Case Study WebGIS UFPR CampusMap. **Abstracts of the ICA**, v. 3, 2021.

NIELSEN, J., How many test users in a usability study, **Nielsen Norman Group**, v. 4, n. 6, 2012.

O'HAGAN, R.; ATKINSON, R.; COX, S.; FITCH, P.; LEMON, D.; WALKER, G., A reference model for a water resources observation network. **MODSIM07**, 2007.

OTHMAN R.B.; BAKAR, M. S. A.; MAHAMUD, K. R. K., Public-private collaboration in spatial data infrastructure: Overview of exposure, acceptance and sharing platform in Malaysia. In: **AIP Conference Proceedings**, AIP Publishing, 2017.

PANCHAUD, N. H.; HURNI, L., Integrating Cartographic Knowledge Within a Geoportal: Interactions and Feedback in the User Interface. **Cartographic Perspectives**, n. 89, p. 5-24, 2018.

PICANÇO JÚNIOR, P. L.; DELAZARI, L. S., Avaliação da usabilidade de interfaces de sistemas VGI na tarefa de inserção de feições. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 22, n. 3, p. 492-510, 2016.

POORE, B. S.; WOLF, E. B., Metadata squared: Enhancing its usability for volunteered geographic information and the GeoWeb. In: **Crowdsourcing Geographic Knowledge: Volunteered Geographic Information (VGI) in Theory and Practice**, Dordrecht: Springer Netherlands, 2013. p. 43-64.

QUIÑONES, D.; RUSU, C., How to develop usability heuristics: A systematic literature review. **Computer standards & interfaces**, v. 53, p. 89-122, 2017.

RAJABIFARD, A.; BINNS, A.; MASSER, I.; WILIAMSON, I. P., The role of sub-national government and the private sector in future Spatial Data Infrastructures. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 20, p. 727-741, 2006.

RAJABIFARD, A.; WILIAMSON, I. P., Development of a Virtual Australia Utilising na SDI Enabled Platform. **Pharaohs to Geoinformatics FIG Working Week 2005 and GSDI-8**, Cairo, Egito, 2005.

- RATIA, J., Spatial data Infrastructure in Finland. **Geomatica**, v. 62, n. 2, p. 111-123, 2008.
- ROCHA, L. C.; ANDRADE, R. M.; SAMPAIO, A. L., Heurísticas para avaliar a usabilidade de aplicações móveis: estudo de caso para aulas de campo em Geologia. **Nuevas Ideas en Informática Educativa TISE**, p. 367-378, 2014.
- SALAZAR, L. H. A.; LACERDA, T.; WANGENHEIM, C. G.; BARBALHO, R. A., Customizando heurística de usabilidade para celulares. **Proceedings** of the 11th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems, p. 37-38, 2012.
- SANDERSON M.; RAMAGE S., The human side of spatial data infrastructure. **GEO: connexion**, 2009.
- SANTHANAVANICH, T.; PADSALA, R.; WÜRSTLE, P.; COORS, V., The Spatial Data Infrastructure of AN Urban Digital Twin in the Building Energy Domain Using Ogc Standards. **ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v. 10, p. 249-256, 2022.
- SAURO, J.; LEWIS, J. R., When designing usability questionnaires, does it hurt to be positive?. In **Proceedings of the SIGCHI Conference on Hu-Man Factors in Computing Systems ACM**, p. 2215-2224. 2011.
- TÓTH, K.; KUČAS, A., Spatial information in European agricultural data management. Requirements and interoperability supported by a domain model. **Land use policy**, v. 57, p. 64-79, 2016.
- TULLIS, T.; ALBERT, B., **Measuring the user experience: collecting, analyzing, and presenting usability metrics**. Waltham: Morgan Kaufmann, 2. ed., 2013.
- UNRAU, R.; KRAY, C., Enhancing Usability Evaluation of Web-Based Geographic Information Systems (WebGIS) with Visual Analytics. In: **11th International Conference on Geographic Information Science (GIScience 2021)**, Schloss Dagstuhl-Leibniz-Zentrum für Informatik, 2020.
- VAN OORT, P. A. J.; CROMPVOETS, J., Geoportals: an internet marketing perspective. **Data Science Journal**, v. 8, p. 162-181, 2009.

VINTILA, R., Current achievements in Romania for integration of soil data into the infrastructure for spatial information of the European Community. In: **7th International Conference on Cartography and GIS, Proceedings**, Bulgarian Cartographic Association, p. 113-121, 2018.

VISURI, H.; JOKELA, J.; MESTERTON, N.; LATVALA, P.; AARNIO, T., Producing and visualizing a country-wide 3D data repository in Finland. **International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives**, 2019.

ZWIROWICZ-RUTKOWSKA, A., Evaluating spatial data infrastructure as a data source for land surveying. **Journal of Surveying Engineering**, v. 142, n. 4, p. 05016002, 2016.

4. AVALIAÇÃO DA USABILIDADE, PELO MÉTODO HEUA-SDI, E CONSISTÊNCIA LÓGICA DA INFRAESTRUTURA DE DADOS ESPACIAIS, IDE-SISEMA

Resumo: As Infraestruturas de Dados Espaciais (IDE), são plataformas que possibilitam compartilhar, organizar e documentar dados espaciais. Neste sentido, este trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade da IDE do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, denominada IDE-Sisema, que é uma infraestrutura estadual, que compartilha e gerencia informações espaciais referentes a diversas secretarias vinculadas ao meio ambiente, florestas e gestão das águas do estado de Minas Gerais, Brasil. Para avaliar a qualidade da IDE foram analisados os elementos usabilidade e consistência lógica. A análise da usabilidade possibilita avaliar se a infraestrutura atende e satisfaz as requisições e expectativas do usuário. Já a consistência lógica, possibilita diagnosticar se as normas, padrões, políticas e tecnologias adotadas para a IDE, possibilitam a interoperabilidade no compartilhamento de informações heterogêneas, além de avaliar se a IDE cumpre seu propósito de disponibilizar dados e metadados que possam ser acessados e reutilizados. Para análise da usabilidade, foi empregado o método HEUA-SDI, onde 49 participantes avaliaram por meio da execução de tarefas se a IDE-Sisema se adequava às heurísticas de usabilidade. Em relação as métricas quantitativas, pode-se constatar que a IDE em análise se adequa favoravelmente as heurísticas, pois atingiu métrica geral de 57,3, em uma escala que varia entre -100 a 100. Já em relação as percepções qualitativas os usuários indicaram satisfação ao utilizarem a IDE-Sisema, e indicaram algumas funcionalidades e melhorias a serem incorporadas. Na avaliação da consistência lógica, foram analisados os subelementos consistência conceitual, consistência de domínio, consistência de formato e consistência topológica, para uma amostragem de dados e metadados compartilhados pela IDE. A avaliação da consistência lógica, possibilitou constatar em relação aos dados, que as principais inconsistências são de domínio e topológica, e para os metadados são em relação a consistência conceitual. Além disso, foi possível diagnosticar que embora a IDE-Sisema, defina muito bem os padrões e normas, existem algumas incoerências do que é observado na prática, existindo a necessidade de atualizar os padrões ao que é praticado, ou difundir e definir melhores políticas para garantir o cumprimento. Ademais, constatou-se incompatibilidade na interoperabilidade das tecnologias adotadas na disponibilização dos dados provindos de uma fonte específica.

Palavras-chave: Heurísticas de Usabilidade, Consistência Conceitual; Consistência de Domínio; Consistência de Formato; Consistência Topológica.

4.1. Introdução

As primeiras iniciativas de Infraestruturas de Dados Espaciais (IDE) surgiram em meados dos anos 80, sendo aperfeiçoadas na década de 90, com propostas nacionais

dos Estados Unidos e Austrália. O avanço das tecnologias e entendimento dos benefícios provindos pela organização, compartilhamento e reutilização das informações espaciais já existentes, contribuíram para a difusão de IDE em diversos âmbitos (ALBA e ANDRÉS, 2021).

No Brasil, somente em 2008, foi definida a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE) (BRASIL, 2008), e após essa iniciativa nacional, tem sido crescente o número de IDE compartilhadas no país. Diversas instituições governamentais que operam em diferentes níveis de governo (nacional, estadual e municipal), como a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), o Sistema Estadual do Meio Ambiente (SISEMA) de Minas Gerais, prefeitura de Belo Horizonte, Universidade Federal do Paraná (UFPR), entre outros setores, têm direcionados esforços para compartilharem as informações espaciais que possuem e produzem.

Em Minas Gerais, por exemplo, em 2018, foi criada a Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IDE-SISEMA), que foi concebida com o intuito de organizar os processos de geração, armazenamento, acesso, compartilhamento e disseminação do uso de dados espaciais. A IDE-Sisema compartilha os dados da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM), Instituto Estadual de Florestas (IEF) e Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) (SISEMA, 2022).

Uma IDE é concebida com o objetivo de compartilhar as informações espaciais existentes, para que essas possam ser reutilizadas, promovendo economia de recursos em produção duplicada de informações. Esse tipo de infraestrutura pode ser entendido como um conjunto de serviços que possibilita uma série de funcionalidades para os usuários de dados geoespaciais (BRASIL, 2010). Uma IDE vai além dos dados, engloba também as pessoas, estrutura institucional, tecnologia e padrões (RAJABIFARD et al., 2006). Além de estar disponível na Internet, a IDE precisa ter qualidade e deve ser desenvolvida de maneira a garantir o real uso das informações que compartilha.

A qualidade refere-se ao conjunto de características que um produto deve satisfazer para um determinado uso (ARIZA LÓPEZ et al., 2004). Em relação a qualidade de produtos cartográficos a ISO 19157 (2013) especifica seis elementos: acurácia posicional, acurácia temática, acurácia temporal, completude, consistência lógica e usabilidade. Apesar dessa definição é colocado que outros elementos também podem ser considerados na avaliação da qualidade de produtos geoespaciais.

Ao considerar a qualidade de uma IDE, os elementos de usabilidade e consistência lógica, podem ser diagnosticados para avaliar se a infraestrutura atende às expectativas estabelecidas para o compartilhamento, documentação e organização das informações espaciais disponíveis. Enquanto os demais elementos, como as acurácias posicional, temática, temporal e a completude, devem ser descritos para cada dado incorporado, por meio dos metadados (GOTTARDO e BARBOSA, 2021).

Na análise da usabilidade é possível avaliar o nível de satisfação do usuário, a eficácia e a eficiência, em um contexto de uso específico (IBGE, 2017). Já a consistência lógica, possibilita avaliar a integridade de um conjunto de dados em relação as regras lógicas da estrutura dos dados, dos atributos e das relações (DSG, 2016).

Na avaliação de uma IDE a análise da usabilidade possibilita verificar na visão dos diversos usuários se a interface, as ferramentas e dados disponibilizados são eficazes e eficientes, e se atendem aquilo que eles esperam de uma plataforma para compartilhamento de dados espaciais. Já a avaliação da consistência lógica, possibilita diagnosticar se as tecnologias, políticas e padrões definidos e implementados para a IDE, garantem a interoperabilidade dos dados e metadados geoespaciais. Além disso, verifica-se se esses dados possuem qualidade para serem efetivamente reutilizados, ou seja, se é possível acessar tanto os dados quanto os metadados e utilizá-los de maneira adequada nos contextos necessários.

Neste sentido, este trabalho tem como objetivo avaliar os elementos de qualidade, usabilidade e consistência lógica, na IDE-Sisema. Para análise da usabilidade será empregado o método HEUA-SDI, que possibilita avaliar a satisfação dos usuários e calcular métricas de eficiência e eficácia da IDE. E na avaliação da consistência lógica, serão analisados os quatro subelementos: consistência

conceitual, consistência de domínio, consistência de formato e consistência topológica.

A IDE-Sisema foi definida como objeto de estudo por possuir e compartilhar os padrões, políticas e documentações definidas em sua concepção, além de ser uma infraestrutura que compartilha dados de todo o estado de Minas Gerais e ser acessada por usuários de distintos países. Em 2023, a IDE-Sisema já contava com mais de 503 mil usuários, 1,65 milhões de acessos, apresentando uma média 391 acessos por dia (SEMAD, 2023).

Os dados disponibilizados pela infraestrutura foram empregados em diversos estudos, principalmente em análises ambientais, de qualidade da água e solos, estudos de uso e ocupação do solo e agricultura (BATISTA et al., 2020; LIMA e NUNES, 2020; RAMOS NÓBREGA, 2020; DIAS e BELOTTI, 2021; COSTA et al., 2021; FERREIRA et al., 2021; LORENA et al., 2021; XAVIER et al., 2021; SANTOS, 2022).

A normativa Copam nº 217 de 06 de dezembro de 2017, que estabelece critérios para definição de licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais no Estado de Minas Gerais (MINAS GERAIS, 2017a), instituiu a IDE-Sisema como plataforma oficial para compartilhamento dos dados georreferenciados relativos aos critérios locacionais e os fatores de restrição a serem respeitados no licenciamento ambiental. A disponibilidade destes dados na internet, possibilitou facilidades para o licenciamento ambiental em Minas Gerais (MIRANDA, et al., 2018; SOARES, 2018; RAIMUNDO, 2019).

4.2. IDE-Sisema

A Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IDE-Sisema) tem como objetivo (MINAS GERAIS, 2017b):

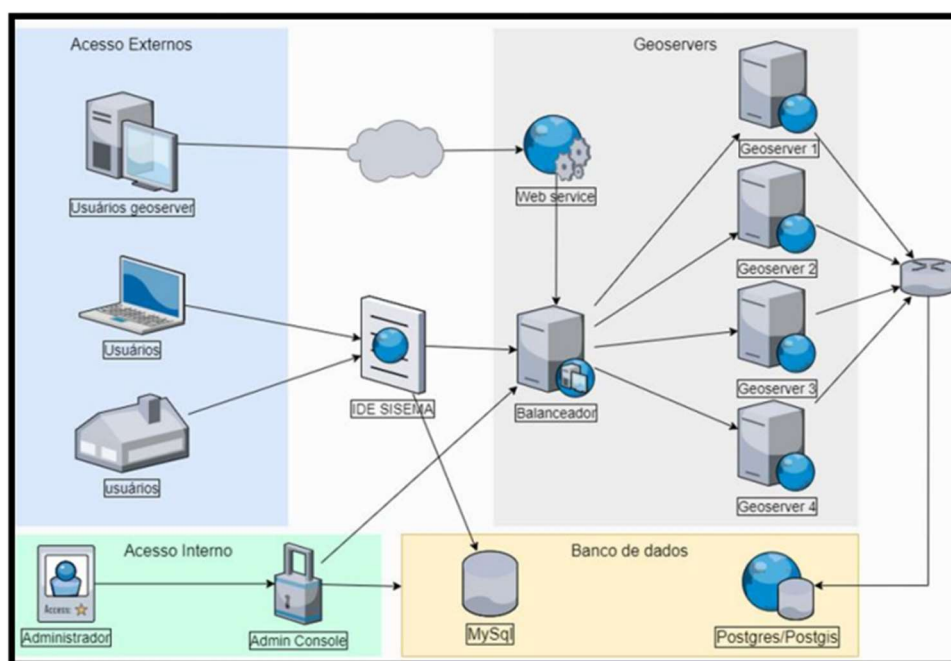
“promover a adequada organização dos processos de geração, armazenamento, acesso, compartilhamento, disseminação e uso dos dados geoespaciais oriundos das atividades, programas e projetos ambientais e de recursos hídricos desenvolvidos pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável e seus órgãos e entidades vinculados.”

Compreendendo que um ponto chave para o compartilhamento de dados espaciais é a existência de normas e padrão para garantia da interoperabilidade. Os órgãos que compõem o Sisema concluíram que o conceito de IDE foi o que se mostrou mais adequado para implementar um quadro de políticas, acordos institucionais e tecnológicos para o compartilhamento de geoinformação. Nesse contexto, a IDE-Sisema foi concebida com o propósito de facilitar o compartilhamento e a utilização eficiente da geoinformação, ao organizar e integrar as informações espaciais disponíveis referentes ao território de Minas Gerais (SISEMA, 2022).

A plataforma fornece aos técnicos e gestores do meio ambiente uma visão integrada do território mineiro, sendo uma ferramenta de apoio às ações de regularização e fiscalização ambiental, possibilitando a análise prévia da viabilidade de localização de empreendimentos ambientais, a gestão do território e subsidiando a tomada de decisões baseadas na localização (SISEMA, 2021).

A IDE-Sisema foi baseada nos cinco pilares adotados pela INDE: institucional, pessoas, normas, padrões, dados e tecnologias. Em relação a parte tecnológica foi adotada uma arquitetura básica (Figura 1), privilegiando a utilização de tecnologias livres e o aproveitamento da força de trabalho interna dos órgãos que compõe o Sisema (SISEMA, 2022).

Figura 1 – Arquitetura tecnológica da IDE-Sisema.



Fonte: SISEMA, 2022.

O conjunto de categorias modeladas para a IDE-Sisema foi adaptado a partir do modelo proposto pela INDE, considerando as especificidades para coordenação da política estadual ambiental e de recursos hídricos. Em sua terceira versão, a IDE-Sisema é formada por 22 categorias descritas no Quadro 1.

Quadro 1 – Categorias da IDE-Sisema.

Classe	Descrição
01 – Hidrografia	Representação das águas interiores e oceânicas da superfície terrestre, bem como elementos, naturais ou artificiais, emersos ou submersos, contidos nesse ambiente.
02 – Relevo	Representa da forma da superfície da Terra e do fundo das águas tratando, também, os materiais expostos, com exceção da cobertura vegetal.
03 – Vegetação	Tipos de vegetação natural e cultivada.
04 – Sistema de transportes	Conjunto de sistemas destinados ao transporte e deslocamento de carga passageiros.
05 – Energia e comunicações	Representação das estruturas associadas à geração, transmissão e distribuição de energia, bem como as de comunicação.
06 – Abastecimento e Saneamento	Representação das estruturas relacionadas à captação, armazenamento, tratamento e distribuição de água, além do saneamento básico.
09 – Localidades	Representação dos diversos tipos de concentração de habitações humanas.
10 – Pontos de referência	Classes de elementos que servem como referência a medições em relação a superfície da Terra ou de fenômenos naturais.
11 – Limites	Representação dos distintos níveis político-administrativos e as áreas especiais.
14 – Uso e cobertura da terra	Levantamentos em que a unidade de mapeamento principal corresponde a classes de Uso da Terra.
15 – Solos	Unidades pedológicas homogêneas, bem como os levantamentos e perfis de amostragem necessários para classificação destas áreas.
16 – Clima e meteorologia	Zoneamentos climáticos, distribuição espacial dos elementos correlatos e os resultados de cenários climáticos futuros.
17 – Geologia e recursos minerais	Representação da litologia e estrutura, bem como unidades territoriais de uso de recursos minerais.
18 – Biodiversidade	Representação da distribuição dos componentes faunísticos e florísticos dos biomas e ecossistemas.
19 – Gestão de resíduos	Representação das estruturas destinadas à disposição, gerenciamento e manejo dos resíduos sólidos.
20 – Restrição ambiental	Representação das feições espaciais com restrições de cunho legal.
21 – Regularização ambiental	Representação da distribuição espacial dos atos autorizativos de uso de recursos ambientais.
22 – Monitoramento ambiental	Representação da distribuição temporal e espacial de indicadores de qualidade ambiental
23 – Fiscalização Ambiental	Representação das ações de controle e fiscalização do uso de recursos ambientais.
24 – Instrumentos e projetos territoriais	Produtos espaciais dos planos, programas e projetos de cunho ambiental voltados à gestão territorial.
25 – Recuperação ambiental	Localização de ações provenientes de estudos, planos, programas e projetos, geridos ou acompanhados pelos órgãos e entidades integrantes do Sisema.
26 – Educação Ambiental	Representação espacial das ações e projetos voltados para a Educação Ambiental.

Fonte: SISEMA, 2022.

A IDE-Sisema utiliza dois métodos para armazenamento dos dados, estrutura de diretórios de pastas e um banco de dados objeto relacional PostgreSQL/PostGIS (SISEMA, 2021). Outra característica é a integração da IDE-Sisema na INDE, sendo possível acessar as informações desta através da IDE Nacional brasileira.

Dentre os padrões definidos pela IDE-Sisema é colocado que os dados devem estar referenciados ao datum oficial do Brasil, Sistema de Referência Geodésico para as Américas (SIRGAS) 2000 (EPSG 4674), e a codificação de caracteres a ser seguida é o *8-bit Unicode Transformation Format* (UTF-8). É apresentado também, que para cada dado incorporado a IDE deve ser preenchido uma Relação de Classes de Objetos (RCO), que pode ser descrita com um dicionário de dados. Assim, é apresentado um modelo (Figura 2), exemplificando quais e como as informações devem ser preenchidas (SISEMA, 2022).

Figura 2 – Estrutura da RCO a ser preenchida para as informações compartilhadas pela IDE-Sisema.

Informação de Identificação da Camada		
Título	Título da camada	
Identificação	Identificador do objeto no SGBD	Nomenclatura dos arquivos que compõem a camada, conforme especificado pelo capítulo 8 do manual
	Geometria	Tipo de geometria representada pela camada (ex.: poligonal, linear, pontual)
Informação de Identificação dos Atributos		
Nome do campo	Tipologia	Descrição
Nomenclatura da coluna na tabela de atributos	Tipo de valor representado pelos atributos da coluna (ex.: textual, numérico, ID, nulo, etc.)	Descrição do que é informado pelo campo na tabela de atributos.

Fonte: SISEMA, 2022.

A IDE-Sisema (SISEMA, 2022) também definiu um perfil sumarizado para os metadados, tendo como base as definições do Perfil MGB 2.0 (IBGE, 2021). O Quadro 2 apresenta de forma resumida os elementos considerados no perfil de metadados da IDE-Sisema, explicitando os de preenchimento condicional.

Quadro 2: Sumarização dos elementos do Perfil de Metadados da IDE-Sisema.

Elementos			
Título	Endereço (Responsável pelo recurso)	Frequência de manutenção e atualização (Se houver)	Cidade (Distribuidor)
Data de criação	Cidade (Responsável pelo recurso)	Palavras-chave	Região Administrativa (Distribuidor)
Data de revisão (Se houver)	Região Administrativa (Responsável pelo recurso)	Idioma	Endereço de e-mail (Distribuidor)
Edição (Se houver)	Endereço de e-mail (Responsável pelo recurso)	Código de Caracteres	Idioma (Metadados)
Série (Se houver)	Tipo de Representação espacial	Declaração (Linhagem)	Código de caracteres (Metadados)
Resumo	Escala (Resolução Espacial)	SRID	Nome (Responsável pelo metadado)
Propósito	Categoria Temática	Datum	Endereço (Responsável pelo metadado)
Créditos (Se houver)	Extensão Geográfica	Formato de distribuição	Cidade (Responsável pelo metadado)
Status	Latitude Limítrofe Norte	Nome (Distribuidor)	Região Administrativa (Responsável pelo metadado)
Nome/Unidade (Responsável pelo recurso)	Latitude Limítrofe Leste	Papel Desempenhado (Distribuidor)	Data de criação (Metadados)
Papel Desempenhado (Responsável pelo recurso)	Latitude Limítrofe Oeste	Telefone (Distribuidor)	Data de revisão (Metadados) (Se houver)
Telefone (Responsável pelo recurso)	Latitude Limítrofe Sul	Endereço (Distribuidor)	

Fonte: Adaptado de SISEMA, 202.)

4.3. Avaliação da Usabilidade da IDE-Sisema

A usabilidade do geoportal da IDE-Sisema foi avaliada pela aplicação do questionário HEUA-SDI. Este método de avaliação da usabilidade, descrito no capítulo 3, integra a subjetividade de satisfação dos usuários e possibilita avaliar quantitativamente a eficácia e a eficiência da IDE.

Para avaliação da IDE-Sisema, primeiramente, o questionário HEUA-SDI foi adaptado (Apêndice B), para definir quais as camadas e pesquisas deveriam ser realizadas. Este questionário foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de Viçosa, responsável pela avaliação de pesquisas desenvolvidas com seres humanos, no Anexo 1 é apresentado o parecer de aprovação.

O questionário ficou disponível para respostas durante três meses, entre 12 de agosto a 12 de novembro de 2022. Foi divulgado para pesquisadores, estudantes, de nível de graduação e pós-graduação, e para os responsáveis pela Secretaria de Estado e Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD) de Minas Gerais.

A aplicação do questionário foi totalmente de forma remota, através de um formulário. Neste, foi apresentando o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), que o participante precisava explicitar que leu e concordava com a participação, o objetivo da pesquisa e a explicação de como deveria proceder a execução das tarefas e resposta ao questionário. Ao todo a pesquisa contou com 48 participantes, que responderam todo o questionário. As respostas foram predominantes de profissionais das áreas de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica, Engenharia Florestal e Agronomia.

Os resultados obtidos foram analisados por meio de planilha digital. Primeiramente, as respostas foram avaliadas, para verificar se existia alguma inconsistência.

Para cada questionário foram calculadas as métricas Q_t (Equação 1) em relação a cada heurística de usabilidade e a métrica geral M_{HEUA} (Equação 2).

$$Q_t = \frac{A - NAt}{REQ_t - NAp} * 100 \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

Q_t : questões, onde t varia de 1 a 10, considerando cada heurística;

A: número de requisitos que o sistema atende;

NAt: número de requisitos que o sistema não atende;

NAp: número de requisitos que não se aplicam ao sistema;

REQ $_t$: quantidade de requisitos existentes para heurística t .

$$M_{HEUA} = \frac{\sum_{i=1}^{10} Q_t}{10} \quad (\text{Equação 2})$$

Os valores das métricas Qt e MHEUA variam de -100 a 100, onde quanto maior o valor melhor é o nível de usabilidade alcançado.

Os valores encontrados para cada questionário são apresentados no Apêndice C. Na Tabela 1 é apresentado as estatísticas básicas das métricas alcançadas, por meio dos valores de média, máximo, mínimo e desvio-padrão.

Tabela 1 - Métricas de Usabilidade.

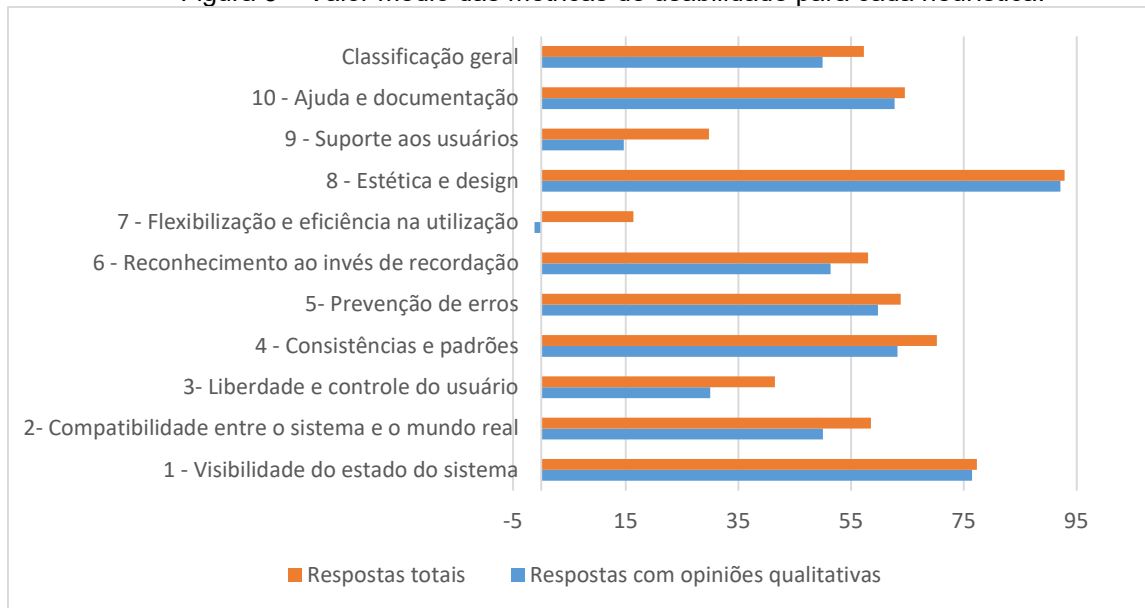
Métrica	Média	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão
Q1 - Visibilidade do estado do sistema	77,3	33,3	100	20,7
Q2- Compatibilidade entre o sistema e o mundo real	58,5	0	100	29,7
Q3- Liberdade e controle do usuário	41,5	-60	100	41,3
Q4 - Consistências e padrões	70,2	-50	100	35,2
Q5- Prevenção de erros	63,8	-33,3	100	46
Q6 - Reconhecimento ao invés de recordação	58	-33,3	100	38,4
Q7 - Flexibilização e eficiência na utilização	16,4	-100	100	61,2
Q8 - Estética e design	92,9	33,3	100	20,6
Q9 - Suporte aos usuários	29,8	-100	100	82,3
Q10 - Ajuda e documentação	64,5	-33,3	100	53
MHEUA	57,3	2,7	96	24,8

Analisando a Tabela 1, pode-se observar que para todas as heurísticas a média foi positiva, assinalando que os usuários consideram que o sistema em análise se adequa favoravelmente a cada uma das heurísticas de usabilidade. Ao observar os valores máximos de cada heurística, pode-se concluir que pelo menos um usuário considerou que o sistema está totalmente adequado.

No entanto, ao avaliar os valores mínimos, a discrepância é significativa. Para as heurísticas 7-Flexibilização e Eficiência na Utilização e 9-Suporte ao Usuário, pelo menos um usuário considerou que o sistema se encontra em total desacordo. A heurística que apresentou o maior desvio padrão foi a 9-Suporte aos usuários.

Ao analisar as respostas dos questionários, foi possível constatar que nem todos os participantes emitiram opiniões qualitativas, alguns somente assinalaram se o sistema atendia ou não a tarefa em questão. Dos 48 participantes, apenas 34 responderam qualitativamente o questionário, ou seja, descreveram textualmente os problemas observados ou propuseram soluções e melhorias. A Figura 3 apresenta a diferenciação nos valores médios das métricas calculadas ao considerar todas as respostas ou somente as dos que emitiram opinião qualitativa.

Figura 3 – Valor médio das métricas de usabilidade para cada heurística.



Analisando a Figura 3, pode-se observar que ao considerar somente os questionários com respostas qualitativas, todas as métricas apresentaram valores mais baixos. E a heurística 7-Flexibilização e eficiência na utilização, apresentou um valor negativo. Percebe-se então que os participantes que emitiram sua opinião qualitativamente, avaliaram a IDE-Sisema de forma mais criteriosa, proporcionando métricas mais baixas.

Analisando a média geral observar-se que o valor de M_{HEUA} considerando todas as respostas foi de 57,3 e para os questionários com opinião qualitativa foi de 49,9. Logo, pode-se concluir que quantitativamente a IDE-Sisema atingiu uma boa avaliação em termos de usabilidade, já que os valores variam de -100 a 100. Os usuários mostraram-se satisfeitos ao avaliar a infraestrutura, e as heurísticas na qual ela foi melhor avaliada foi quanto a 8 - Estética e design, 1 - Visibilidade do estado do sistema e 4 - Consistências e padrões.

Além do cálculo das métricas, o intuito da pesquisa era avaliar também o nível de satisfação dos usuários por meio das respostas qualitativas. No Apêndice D está sintetizada a percepção dos usuários ao realizar cada tarefa e o Quadro 3 apresenta a percepção geral em relação a cada heurística.

Quadro 3 – Sumarização das respostas qualitativas.

Heurística	Percepção geral
1 - Visibilidade do estado do sistema	Quanto ao estado de visibilidade do sistema, para encontrar e acessar a IDE as respostas foram positivas. Principais destaques negativos foram quanto aos metadados e não existência de informação quanto a versão e data de atualização do sistema.
2- Compatibilidade entre o sistema e o mundo real	De forma geral todos conseguiram acessar e habilitar as camadas. Principais apontamentos negativos foram em relação a não apresentar as coordenadas junto a movimentação do cursor.
3- Liberdade e controle do usuário	Alguns problemas foram identificados como ausência de escala mais clara e ferramenta que possibilite a alteração de idioma. Muitos atalhos de teclado não funcionaram. Mas alguns participantes consideram que não existe a necessidade destes mecanismos.
4 - Consistências e padrões	De forma geral, a IDE-Sisema foi bem avaliada em relação a consistência e padrões. Sugestões a se destacar é a possibilidade de informar o tamanho dos arquivos a serem baixados.
5- Prevenção de erros	Principais problemas relatados foi em relação a dificuldades para realização de consultas textuais.
6 - Reconhecimento ao invés de recordação	De forma geral, a grande maioria dos participantes conseguiram utilizar todas as funcionalidades mostrando que a interface é intuitiva. Os usuários conseguem reconhecer as funcionalidades das ferramentas disponibilizadas.
7 - Flexibilização e eficiência na utilização	Os maiores destaques negativos foram em relação aos metadados e a ausência de mecanismos para gerar layout. A maioria se mostrou satisfeita com a velocidade de resposta do sistema às requisições.
8 - Estética e design	Mais de 90% dos participantes se mostraram satisfeitos com o design, textos, cores e distribuição dos elementos no sistema.
9 - Suporte aos usuários	A maioria dos participantes não se depararam com mensagens de erros, o que indica bom funcionamento do sistema. A maior parte das mensagens de erros foi em relação aos metadados e não foi esclarecedora nem contribuiu significativamente para a resolução do problema.
10 - Ajuda e documentação	Os participantes indicaram que o arquivo de ajuda pode ser melhorado. Quanto ao contato com os desenvolvedores do sistema todos se mostraram satisfeitos.

Analisando as respostas qualitativas é possível identificar os seguintes pontos positivos a serem destacados em relação a usabilidade da IDE-Sisema:

- A IDE-Sisema é de fácil acesso, e seus objetivos e descrição de sua gestão são claros e facilmente compreensíveis.
- De forma geral, a interface da IDE-Sisema é amigável, com funcionalidades intuitivas e padrão bem definido. A grande maioria dos participantes conseguiram desenvolver a maior parte das tarefas propostas.
- 91% dos participantes da pesquisa se mostraram satisfeitos com o tempo de resposta das requisições feitas à IDE-Sisema.

- Mais de 90% dos participantes se mostraram satisfeitos com a estética e design da IDE.

Como sugestões e os pontos a serem melhorados na IDE-Sisema pode-se destacar:

- O ponto mais crítico observado, ao avaliar as diversas heurísticas de usabilidade, foi em relação aos metadados. A IDE não disponibilizava um catálogo de metadados, que possibilita a consulta e descoberta dos dados espaciais existentes.
- Alguns participantes da pesquisa, julgaram como interessante e necessária a incrementação e melhorias de algumas funcionalidades da IDE-Sisema. Sendo estas: a apresentação das coordenadas ao realizar a movimentação do cursor; melhorias na escala apresentada; possibilidade de geração de layout com orientação, escala e legenda; disponibilização de informações quanto ao tamanho dos dados disponibilizados para download; e melhorias nas buscas textuais, relacionadas aos dados e metadados.
- Nem todos os participantes consideraram os manuais como arquivos de ajuda, para sanarem dúvidas quanto as funcionalidades da IDE, propondo melhorias nestes arquivos. Uma sugestão de melhoria, poderia ser a apresentação de uma aba de ajuda resumida, com informações a respeito do funcionamento das ferramentas.

Ressalta-se, que um dos pontos de melhorias observados para a IDE-Sisema já foi implementado. Atualmente, a IDE já apresenta um catálogo de metadados, desenvolvido a partir do Geonetwork, que possibilita o acesso e descoberta dos metadados.

4.4. Avaliação da Consistência Lógica da IDE-Sisema

Para avaliação da consistência lógica foi analisado cada um dos seus subelementos conforme o método proposto no capítulo 2. Primeiramente a IDE foi analisada, para entender seus objetivos e quais as normas e padrões foram definidas em sua concepção. Como a IDE compartilha e possibilita o download dos dados e

metadados, foram analisados os quatro subelementos da consistência lógica, para cada um destes elementos.

Em abril de 2023 a IDE-Sisema compartilhava 825 camadas de dados espaciais. Aplicando as definições para amostragem empregando o método de lote isolado (ISO, 1985), considerando um LQA de 4%, o LQ será de 20%, adotando o tamanho da população como 825, o tamanho da amostra (n) será de 32 itens e o número de aceitação (Ac) será 3.

Desta forma, foram definidas para avaliação 32 camadas distribuídas entre as 22 categorias modeladas para a IDE-Sisema (Quadro 4). Em relação a consistência conceitual, para cada dado, foi avaliado o título da camada e a categoria na qual ele foi incluído. Entendendo a descrição textual de cada categoria, foi analisado se a camada estava consistente à categoria na qual foi atribuída.

Neste sentido, uma camada “Integridade da fauna” foi considerada com inconsistência conceitual. Este dado foi categorizado como pertencente a classe de “Instrumentos e Projetos Territoriais”, no entanto se adequa melhor a descrição da classe “Biodiversidade”.

Em relação a consistência de formato, para cada camada selecionada para inspeção, foi avaliado a possibilidade de download do dado em formato *shapefile*. E para todos os arquivos que foram baixados, empregando o software QGIS foi avaliado se era um arquivo válido, que poderia ser aberto e acessado, além de analisado se os arquivos atendiam os padrões definidos pelas documentações da IDE.

Não foi possível realizar o download de três camadas, “Picos (IBGE)”, “Áreas naturais e uso antrópico (MapBiomas – 2011)” e “Cobertura e uso da Terra (MapBiomas – 2019)”, demonstrando inconsistência topológica de formato. Ressalta-se, que para cada uma destas camadas, foram feitas três tentativas de download em datas, horários e rede de acesso à internet distintas.

Observa-se, que duas das camadas em que não foi possível realizar o download, pertencem a mesma classe “Uso e Cobertura da Terra” e pelo descrito no título foram providas da mesma fonte “MapBiomas”. Tal constatação, pode indicar melhorias necessárias para a interoperabilidade no compartilhamento pela IDE-Sisema, de dados desenvolvidos pelo programa MapBiomas.

Quadro 4 – Amostragem dos dados para avaliação da consistência lógica.

Categoria	Camadas	Tipo
Hidrografia	Ottobacia do Rio Jequitinhonha	Pol.
	Ottotrechos da bacia hidrográfica do Rio São Francisco	Linha
Relevo	Picos (IBGE)	Pol.
Vegetação	Pivô central para irrigação	Pol.
Sistemas de Transporte	Malha Rodoviária de Minas Gerais	Linha
Energia e Comunicações	Usinas hidrelétricas	Pto
Saneamento Básico	Percentual de tratamento do volume de esgoto coletado na área urbana	Pol.
	Estações de tratamento de esgoto	Pol.
Localidades	Aglomerados Rurais	Pto
Pontos de Referência	Rede altimétrica	Pto
Limites	Municípios Minas Gerais	Pol.
Uso e Cobertura da Terra	Áreas naturais e uso antrópico (MapBimas - 2011)	Pol.
	Mancha urbana de Minas Gerais 2005	Pol.
	Cobertura e uso da Terra (MapBiomias - 2019)	Pol.
Solos	Mapa de Solos de Minas Gerais	Pol.
Clima e Meteorologia	Índice de umidade	Pol.
Geologia e Recursos Naturais	Estruturas	Linha
Biodiversidade	Ocorrência natural - Amazona Amazônica	Pol.
	Estimativa de população de cães e gatos	Pol.
	Número de espécies catalogadas por município	Pol.
Gestão de Resíduos Especiais, Industriais e da Mineração	Barragens	Pto
Restrição Ambiental	Terras Indígenas	Pol.
	Rios de Preservação Permanente - Lei nº 15.082/2004	Pol.
Regularização Ambiental	Outorgas de direito de uso de recursos hídricos (Igam)	Pto
Monitoramento Ambiental	Estações pluviométricas	Pto
Fiscalização Ambiental	Diagnóstico - Fatores de pressão ambiental	Pol.
Instrumentos e Projetos Territoriais	Integridade da fauna	Pol.
	Viabilidade de regularização	Linha
	Bacias prioritárias para elaboração de AAI	Pol.
	Padrões de correlação espacial para o resultado global (2022)	Pol.
Recuperação Ambiental	Impactos Ambientais	Pol.
Educação Ambiental	Ações do setor produtivo	Pol.

Além disso, analisando as camadas onde foi possível realizar o download, observou-se que todas estavam no Sistema de Referência Cartográfico (SRC) definido como padrão para IDE, ou seja, em SIRGAS 2000. No entanto a codificação, não era a usual com código “EPSG 4674”, e sim era apresentado nas informações dos dados como um sistema customizado definido como “SIRGAS 2000 - Projetado”. Já em relação a codificação dos atributos, o definido pelo padrão foi “UTF-8”, mas

todos os arquivos estavam com configuração "System". Demonstrando uma incompatibilidade, entre os padrões definidos e publicados, aos adotados para os dados compartilhados.

Para avaliação da consistência de domínio, primeiramente foram aplicadas as definições descritas na ISO 2859-1 (ISO, 2013) e ISO 2859-2 (ISO, 1985), com o intuito de determinar o tamanho da amostragem a ser considerada para cada camada. Onde, o tamanho da população considerado foi o número de atributos disponíveis em cada camada. Após a definição da quantidade de atributos a serem inspecionados (n), foi escolhido aleatoriamente, quais iriam compor a amostragem.

Embora esteja definido nas documentações da IDE-Sisema, a necessidade de descrever uma ROC para cada objeto, na prática, o dicionário de cada dado não é compartilhado. O que demonstra um padrão que não está sendo seguido, além de dificultar a avaliação da consistência de domínio, ao não detalhar como cada atributo deve ser preenchido e nem descrever se o preenchimento é obrigatório ou não.

Apesar da não disponibilidade da ROC, para cada atributo em inspeção foi avaliada a quantidade de atributos nulos e de inconsistências no preenchimento dos atributos. Para avaliar as inconsistências foi verificado a existência de áreas e distâncias negativas ou nulas, para feições com dimensionalidade, valores que não representavam temporalidade para atributos de datas e preenchimento por símbolo, em atributos com domínio definidos como texto ou número real.

Adotou-se um limiar de 10%, pela IDE-Sisema ser uma infraestrutura de nível estadual e compartilhar um volume significativo de dados, para considerar um atributo como reprovado, e para aprovação ou reprovação da camada adotou-se o nível de aceite (A_c) determinado pela ISO 2859-1 e ISO 2859-2. Ou seja, se para uma camada for definido o A_c igual a 2 e ela apresente 3 atributos com percentual de inconsistência superior a 10%, está camada foi considerada reprovada em termos de consistência de domínio.

Para as três camadas que foram identificadas com inconsistência de formato, não foi possível avaliar a consistência de domínio, logo as camadas foram consideradas como reprovadas. Os resultados detalhados da avaliação da consistência de domínio encontram-se no Apêndice E. Foi possível constatar que oito

camadas foram reprovadas em relação ao preenchimento nulo e sete em relação a inconsistências no domínio (Quadro 5).

Quadro 5 – Sumarização dos resultados da avaliação da consistência de domínio.

Camada	Resultados	
	Preenchimento Nulo	Inconsistência de Domínio
Ottobacia do Rio Jequitinhonha	Reprovado	Aprovado
Malha Rodoviária de Minas Gerais	Aprovado	Reprovado
Usinas hidrelétricas	Reprovado	Reprovado
Rede altimétrica	Reprovado	Aprovado
Número de espécies catalogadas por município	Aprovado	Reprovado
Outorgas de direito de uso de recursos hídricos (Igam)	Reprovado	Aprovado
Estações pluviométricas	Aprovado	Reprovado
Ações do setor produtivo	Reprovado	Aprovado
Picos (IBGE)	Reprovado	Reprovado
Áreas naturais e uso antrópico (MapBiomias – 2011)	Reprovado	Reprovado
Cobertura e uso da Terra (MapBiomias – 2019)	Reprovado	Reprovado
Total de camadas reprovadas	8	7

Analisando o Quadro 5, pode-se observar, que além das camadas que apresentaram inconsistência de formato, impossibilitando o acesso aos atributos, apenas a camada “Usinas hidrelétricas” foi reprovada, nos dois subelementos da consistência de domínio. E que as camadas que apresentaram inconsistências e preenchimento nulo, encontram-se entre as diversas categorias da IDE-Sisema.

Em relação a consistência topológica, empregou-se a ferramenta “Verificar a Validade” do software QGIS, versão 3.16, para avaliar as inconsistências de geometria existentes em cada camada de dados cartográficos em inspeção. Adotou-se, também, um limiar de 10% de inconsistências para aprovação ou não da camada em inspeção.

Para as três camadas que foram identificadas com inconsistência de formato, também não foi possível avaliar a consistência topológica, logo as camadas foram consideradas como reprovadas. Os resultados detalhados da avaliação da consistência topológica dos dados se encontram no Apêndice F. A Tabela 2 apresenta as camadas que foram reprovadas.

Analisando os resultados encontrados pode-se observar que todas as camadas de pontos foram aprovadas e não apresentaram inconsistências em termos de geometria, superior aos limiares definidos. E as principais inconsistências observadas

foram linhas com nós duplicados, linhas com interseções e existência de anéis de polígonos que não estavam dentro dos outros.

Tabela 2 – Dados reprovados na avaliação da consistência topológica dos dados.

Camadas	Tipo	Percentual de Inconsistências (%)
Malha Rodoviária de Minas Gerais	Linha	11,9
Ocorrência natural - Amazona Amazônica	Polígono	100
Terras Indígenas	Polígono	18,2
Ações do setor produtivo	Polígono	36,4
Picos (IBGE)	Polígono	Impossibilidade de acesso aos dados
Áreas naturais e uso antrópico (MapBiomias – 2011)	Polígono	Impossibilidade de acesso aos dados
Cobertura e uso da Terra (MapBiomias – 2019)	Polígono	Impossibilidade de acesso aos dados

Conforme o exposto, em relação a consistência topológica, sete camadas foram reprovadas, sendo uma do tipo linha e as outras do tipo polígono. Destaca-se que nesta análise foram considerados 22 arquivos do tipo polígono, 6 do tipo ponto e 4 do tipo linha.

A Tabela 3, apresenta os resultados encontrados ao avaliar cada um dos subelementos da consistência lógica ao considerar uma amostragem de dados compartilhados pela IDE-Sisema.

Tabela 3 – Avaliação da consistência lógica dos dados da IDE-Sisema.

Elemento de Qualidade	Medidas	% de camadas reprovadas	Classe
Consistência conceitual	Avaliação da adequabilidade quanto ao esquema conceitual	3,1	A
Consistência de domínio	Verificação de atributos nulos	25	D
	Verificação de inconsistências nos atributos	21,9	
Consistência de formato	Verificação do tipo de arquivo	9,4	B
	Verificação da validade do arquivo	9,4	
Consistência topológica	Análise dos pontos inválidos	0	D
	Análise das linhas inválidas	25	
	Análise dos polígonos inválidos	27,3	

Em relação aos dados, pode-se observar que os principais problemas identificados foram em relação a consistência topológica e de domínio. Os arquivos do tipo polígono foram os que apresentaram as maiores inconsistências em termos da validade geométrica. Observa-se também que os problemas detectados na consistência de formato, interferiram na consistência de domínio e topológica,

umentando o número de camadas reprovadas, visto que para um arquivo que não é possível baixar e acessar, torna-se impossível analisar os atributos e a geometria. Além de comprometer um dos principais objetivos de uma IDE que possibilita o download de dados e a sua reutilização.

A classificação em cada subelemento da consistência lógica, ao avaliar os dados compartilhados pela IDE-Sisema, possibilitou constatar também alguns problemas quanto ao cumprimento dos padrões definidos, como o Sistema de Referência, codificação dos caracteres dos dados, e não disponibilização da ROC para cada dado, além de inferir incompatibilidades ao disponibilizar os dados provenientes do Programa MapBiomias.

Para avaliar a consistência lógica dos metadados, primeiramente definiu-se a amostragem de quais e quantos metadados deveriam ser inspecionados. Em abril de 2023 a IDE-Sisema compartilhava em seu catálogo 440 metadados. Ao comparar o número de dados e metadados, compartilhados pela IDE-Sisema, é possível constatar que nem todos os dados compartilhados estão documentados.

O número de metadados representa somente 53,3% dos dados compartilhados. A não existência de metadados para todos os dados, pode dificultar a utilização e descoberta dos dados existentes. Desta forma, este é um ponto de melhoria a ser destacado. Observa-se também que nem todas as categorias descritas no modelo conceitual da IDE estão discretizadas no catálogo de metadados. As categorias “Solos” e “Clima e Meteorologia”, não foram contempladas com metadados.

Aplicando as definições da ISO 2859-2, para a população de 440 metadados disponibilizados, se faz necessário avaliar 20 amostras e o Ac é definido como 1. Neste sentido, foram definidos dentre as várias categorias existentes os metadados a serem inspecionados (Quadro 6).

O perfil de metadados definido para a IDE-Sisema foi empregado na avaliação conceitual. Para isso foram avaliadas as medidas “Consistência conceitual dos elementos obrigatórios”, “Consistência conceitual de elementos adicionais” e “Coerência conceitual”.

Para avaliar a consistência conceitual dos elementos obrigatórios e adicionais, adotou-se um limiar de 10% para a reprovação das camadas. O perfil de metadados

da IDE-Sisema, define 46 elementos como obrigatórios, logo foi analisado o preenchimento de cada um destes para cada metadado em inspeção.

Quadro 6: Amostragem dos metadados para avaliação da consistência lógica.

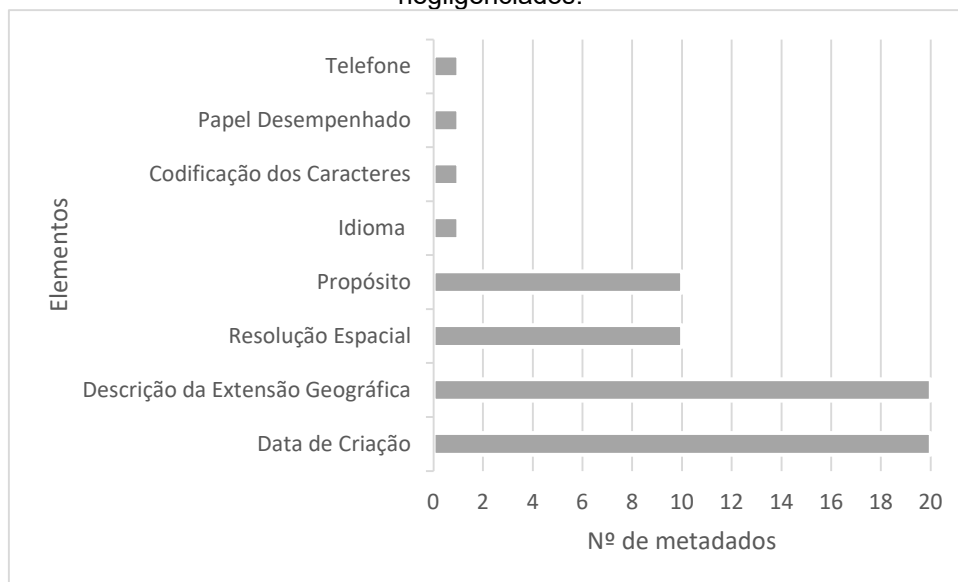
Categoria Temática	Metadado
Instrumento e Projetos Territoriais	ZAP - Ribeirão Olhos D'água - Áreas conservadas e antropizadas
Restrição Ambiental	Potencialidade de ocorrência de cavidades
Saneamento Básico	Localização das estações de transbordo de resíduos
Hidrografia	Base Hidrográfica Ottocodificada do rio São Mateus
Limites	Mesorregiões
Regularização Ambiental	Imóveis escriturados em nome do IEF em Unidades de Conservação Estaduais
Uso e Cobertura da Terra	Cobertura e uso da terra de Minas Gerais em 2020
Sistema de Transporte	Instalações portuárias
Relevo	Mapa altimétrico de Minas Gerais
Geologia e Recursos Minerais	Risco à erosão e movimento de massa
Recuperação Ambiental	Monitoramento ambiental da bacia do rio Paraopeba
Pontos de Referência	Fusos UTM
Fiscalização Ambiental	Diagnóstico - Fatores de pressão ambiental (2022)
Vegetação	Inventário Florestal de Minas Gerais
Educação Ambiental	Programas de Educação Ambiental (PEA - DN 214/2017)
Localidades	Povoados
Biodiversidade	Número de animais castrados por município através de convênios
Energia e Comunicações	Usinas hidrelétricas (UHEs)
Gestão de Resíduos Especiais, Industriais e da Mineração	Áreas contaminadas e reabilitadas
Monitoramento Ambiental	Estações de monitoramento da qualidade do ar

Apenas um metadado (ZAP - ribeirão Olhos D'água - Áreas conservadas e antropizadas) apresentou mais que 10% de elementos obrigatórios não considerados, ou seja, muitas informações consideradas como obrigatórias não foram preenchidas neste metadado. Não descrevendo os elementos: Data de Criação, Descrição da Extensão Geográfica, Idioma do Metadado, Codificação dos Caracteres e Papel desempenhado pelo responsável do dado.

No entanto vale destacar, que em nenhum metadado os elementos “Data de criação” e “Descrição da Extensão Geográfica” foram discretizados, o que demonstra incompatibilidade entre os padrões definidos e o preenchimento realizado na prática. Além destes dois elementos, a Figura 4 apresenta um gráfico descrevendo o

quantitativo de metadados, dentre a amostragem avaliada, em que alguns elementos obrigatórios foram negligenciados.

Figura 4 – Gráfico do quantitativo, entre os metadados analisados, dos elementos obrigatórios negligenciados.



Em relação aos elementos adicionais, foi observado 9 elementos que não constavam nem como opcionais no perfil de metadados e foram preenchidos para todos os itens em inspeção. Sendo estes: País; CEP; Descrição do arquivo de miniatura; Restrições legais; Formato de distribuição completo, com os vários links dos locais onde é possível baixar o dado e informações relacionadas; Palavra-chave relacionada a localidade; Nível de topologia; Tipo de objetos geométricos (Ponto, Linha ou Polígono); e Contagem de objetos geométricos.

Ao considerar o total de elementos obrigatórios, a inclusão de nove elementos não considerados no perfil de metadados representa 19,5%. Logo, todas as camadas em inspeção foram reprovadas em relação a consistência conceitual de elementos adicionais. Destaca-se que a inclusão de novos elementos não é necessariamente um ponto negativo, visto que essas informações podem enriquecer o entendimento e documentação dos dados, mas ao avaliar uma IDE, a inclusão desses novos elementos demonstra uma inconsistência entre os padrões definidos e o aplicado na prática.

Para avaliar a coerência conceitual, foram analisadas as informações textuais existentes para cada um dos metadados em inspeção. Nesta avaliação, sete

metadados foram reprovados, o que representa 35% dos itens em inspeção. O Quadro 7 apresenta os itens reprovados e as inconsistências observadas.

Observa-se que as principais incoerências estavam na descrição da palavra-chave de local ou título do metadado limitar-se ao estado de Minas Gerais e as descrições textuais mais completas, como o Resumo e a Linhagem, descreverem metodologias para o Brasil inteiro.

Em relação a consistência de domínio foram avaliadas as medidas “Consistência de domínio dos elementos” e “Consistência de delimitação espacial”. Na avaliação da consistência de domínio dos elementos, observou-se a descrição no perfil de metadados do modo a ser seguido para o preenchimento de cada elemento. Nessa análise o limiar adotado para aprovação das camadas também foi de 10%.

Apenas cinco metadados apresentaram inconsistências em relação ao domínio de preenchimento dos elementos, porém nenhum apresentou limiar de inconsistência superior a 10%, ou seja, todos os elementos em inspeção foram aprovados nesta medida. O principal elemento em que ocorreu inconsistências foi a “Linhagem”, onde em alguns casos, em vez da descrição de como o dado foi produzido, era colocado o propósito. O Apêndice G demonstra detalhadamente os resultados obtidos nas avaliações da consistência de domínio dos elementos obrigatórios e da consistência conceitual dos elementos.

Quadro 7: Incoerências observadas na avaliação da coerência conceitual.

Metadado	Descrição da Incoerência
Potencialidade de ocorrência de cavidades	Existência de incoerência entre a finalidade, resumo e palavra-chave de localização, quanto a região espacial representada.
Mesorregiões	A linhagem não apresenta correlação com o descrito no resumo, apenas relata escala e Sistema de Referência Cartográfico.
Imóveis escriturados em nome do IEF em Unidades de Conservação Estaduais	A delimitação espacial do dado ou região que abrange é descrita apenas na palavra-chave de lugar, não existindo correlação com os demais elementos descritivos.
Cobertura e uso da terra de Minas Gerais em 2020	A delimitação espacial do dado ou região que abrange é descrita apenas na palavra-chave de lugar, não existindo correlação com os demais elementos descritivos.
Risco à erosão e movimento de massa	A metodologia que foi descrita na linhagem difere da apresentada no resumo (onde não deveria ser incluída). Incoerência entre a delimitação espacial definida no propósito e nos demais campos descritivos.
Povoados	A delimitação espacial do dado ou região que abrange é descrita apenas na palavra-chave de lugar, não existindo correlação com os demais elementos descritivos.
Usinas hidrelétricas (UHEs)	A delimitação espacial do dado ou região que abrange é descrita apenas na palavra-chave de lugar, não existindo correlação com os demais elementos descritivos.

Para avaliar a consistência de delimitação espacial, foi inspecionado se os elementos que descreviam as coordenadas de extensão espacial do dado (Latitude Limítrofe Norte, Latitude Limítrofe Sul, Longitude Limítrofe Oeste e Longitude Limítrofe Oeste) representavam um retângulo não invertido. Todos os metadados avaliados foram aprovados.

Em relação a consistência de formato, o arquivo .xml de cada metadado foi baixado e analisado e todos se mostraram válidos e com codificação correta. Logo, todos foram aprovados. No entanto, vale destacar, que no catálogo de metadados, existia a possibilidade de realizar o download dos metadados também em formato PDF, mas esta funcionalidade não retornou resultado para nenhum dos itens em inspeção.

Nenhum dos metadados em análise, descreviam a existência de algum metadado pai ou filho. Como não foi observado essa hierarquização dos metadados, não foi possível avaliar a consistência topológica dos metadados.

A tabela 4, apresenta os resultados encontrados na avaliação dos subelementos da consistência lógica para uma amostragem de metadados disponibilizados pela IDE-Sisema.

Tabela 4: Avaliação da consistência lógica dos metadados da IDE-Sisema.

Elemento de Qualidade	Medida	% de camadas reprovadas	Classe
Consistência conceitual	Consistência conceitual dos elementos obrigatórios	5	F
	Consistência conceitual de elementos adicionais	100	
	Coerência conceitual	35	
Consistência de domínio	Consistência de domínio dos elementos	0	A
	Consistência de delimitação espacial	0	
Consistência de formato	Verificação do arquivo	0	A
Consistência topológica	Consistência topológica de hierarquização	Não se aplica	Não se aplica
	Consistência topológica de posição	Não se aplica	

Ao avaliar a consistência lógica dos metadados compartilhados pela IDE-Sisema, os principais problemas observados foram em relação a compatibilidade entre os padrões definidos para o perfil de metadados da IDE e o praticado ao preencher e publicar estes arquivos. A classificação como F, na análise da consistência conceitual, demonstra o observado. Visto que, em todos os metadados

inspecionados foram considerados elementos adicionais não previstos no padrão, e dois elementos, considerados como obrigatórios, não foram preenchidos para nenhuma amostra analisada.

4.5. Considerações Finais

Ao avaliar a usabilidade e a consistência lógica da IDE-Sisema, aplicando os métodos descritos, foi possível analisar detalhadamente a IDE, diagnosticando-a e observando os pontos passíveis de melhoria. Essa IDE disponibiliza muitas informações sobre o território mineiro e está sendo empregada em diversos estudos. Logo, a avaliação da qualidade, identificando inconsistências e propondo melhorias, contribui para ampliar a potencialidade da IDE.

Ao aplicar o questionário HEUA-SDI foi possível avaliar quantitativamente e qualitativamente a usabilidade da IDE-Sisema. Os valores atingidos nas métricas de usabilidade e a análise de opinião emitida pelos participantes, demonstram que a IDE-Sisema apresenta qualidade satisfatória em termo de usabilidade, estando conforme as heurísticas de usabilidade e sendo bem avaliada quanto ao nível de satisfação na visão dos usuários.

Ressalta-se que um dos principais problemas levantados ao avaliar a usabilidade da IDE-Sisema, foi em relação aos metadados, na época em que foram aplicados os questionários eram compartilhados em uma página a parte, sem a definição de normas e padrões específicas. Ao longo do desenvolvimento desta pesquisa, a IDE passou por melhorias com a disponibilização de um catálogo de metadados e a publicação de normas e padrões. Logo, caso realizada uma nova avaliação da usabilidade a IDE-Sisema, é provável que a IDE atinja resultados ainda mais satisfatórios.

Na avaliação da consistência lógica dos dados e metadados compartilhados pela IDE-Sisema, considerando todos os subelementos, foi possível analisar além da qualidade dos elementos avaliados, diagnosticar também a qualidade das normas, padrões e tecnologias idealizados para a IDE. Em relação aos dados observou-se algumas inconsistências em termos da consistência de domínio e consistência topológica. Já em relação aos metadados, observou-se que embora esse seja um

esforço recente da IDE-Sisema, a quantidade de metadados disponibilizados ainda é significativamente inferior a quantidade de dados.

Em relação as normas e padrões observou-se, ao analisar as documentações disponibilizadas, que este é um ponto central para IDE-Sisema. As normas auxiliam a gestão, manutenção e continuidade da IDE, ainda mais por ser uma IDE de nível estadual, composta pela junção de várias secretarias. No entanto, a avaliação dos dados e metadados possibilitou diagnosticar alguns pontos de melhoria. Primeiramente, ao avaliar os dados, constatou-se que embora exista a definição clara do SRC e codificação dos caracteres a serem adotados, estes não foram seguidos. Conclui-se também, que apesar da definição da ROC e da disponibilização de um modelo para preenchimento, não foi possível acessar essas informações. O que dificulta entender melhor o dado, quais atributos o compõem, para definir as finalidades a quais ele se aplica.

Além disso, alguns elementos definidos como obrigatórios para os metadados não foram preenchidos, e outros não abordados, foram colocados e enriqueceram as informações descritivas dos dados. Neste sentido, os apontamentos levantados ao analisar a consistência lógica poderão auxiliar na adequação dos padrões e normas definidos para a IDE-Sisema ou na preposição de medidas que auxiliem a difundir melhor os padrões, possibilitando que eles sejam efetivamente seguidos.

De forma geral, a IDE-Sisema atingiu bons índices em termos das avaliações desenvolvidas. O que atesta a qualidade dessa infraestrutura, que se encontra em constante aperfeiçoamento e tem servido como excelente mecanismo para difusão de dados espaciais referentes ao estado de Minas Gerais, principalmente no que tange às questões ambientais.

Espera-se que este estudo possa contribuir direcionando os esforços a serem empregados na IDE-Sisema para realizar as melhorias apontadas ao longo dos resultados obtidos. Destaca-se que em termos de usabilidade as principais melhorias relacionam-se a inclusão de algumas ferramentas, julgadas como necessárias pelos usuários, e melhorias no arquivo de ajuda para torná-lo mais simples e efetivo.

Já em relação a consistência lógica, a existência de dados que não podem ser acessados e a quantidade expressivamente inferior de metadados inviabiliza um dos

principais objetivos da IDE que é possibilitar a reutilização das informações compartilhadas. Ademais, a incompatibilidade entre os padrões definidos e o observado na prática, demonstra uma necessidade de melhorias quanto a definição de padrões mais coesos com a realidade dos atores da IDE ou a melhor divulgação e capacitação destes atores, para que os padrões se tornem mais efetivos.

A IDE-Sisema se mostrou uma plataforma dinâmica que constantemente está compartilhando novas informações e recebendo adaptações e melhorias, neste sentido a avaliação da qualidade da IDE deve-se tornar um processo rotineiro. Avaliar periodicamente a IDE possibilitará um feedback em relação as mudanças efetuadas, além de direcionar as adaptações futuras.

Logo, em trabalhos futuros a metodologia apresentada pode ser reaplicada para comparar os resultados encontrados ao longo do tempo, como novos métodos e adaptações poderão ser definidos para possibilitar a avaliação constante da IDE, garantindo que ela atinja toda a sua potencialidade.

Referências Bibliográficas

ALBA, M. J. I.; ANDRÉS, A. N., **Infraestructuras de Datos Espaciales**. Centro Nacional de Información Geográfica, 1ª Edição, 713p., 2021.

ARIZA LÓPEZ, F. J.; GARCÍA BALBOA, J. L.; AMOR PULIDO, R., **Casos prácticos de calidad en la producción cartográfica**. Jaén: Universidad de Jaén - UJA, Servicio de Publicaciones, 388 p., 2004.

BATISTA, A. M. M.; FIGUEIREDO, T. A.; DE BARROS, A. J.; DA SILVA, T. A. A.; PEREIRA, V. H. B.; NASCIMENTO, A. T. A.; SINISCALCHI, L. A. B., Diagnóstico da qualidade da água do Rio Piracicaba e sua correlação com a urbanização. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 7, p. 305-320, 2020.

BRASIL, **Decreto nº 6.666, de 27 de novembro 2008**. 2008.

BRASIL, **Plano de Ação para implantação da INDE**: Infraestrutura nacional de dados espaciais. Comissão Nacional de Cartografia (CONCAR), 2010.

COSTA, M. M. L.; PIRES, A. S. C.; VILARINHO, C. M. R., GONZAGA, M, A Geração de Conflitos pelo Uso da Água na Bacia do Rio Paracatu, Noroeste de Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 02, p. 834-846, 2021.

DIAS, C. F.; BELOTTI, F. M., Análise histórica da contaminação de solo no município de Itabira/MG. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 3, p. 502-515, 2021.

DSG, **Especificação Técnica para Controle de Qualidade de Dados Geoespaciais (ET-CQDG)**. Diretoria do Serviço Geográfico, Brasil, 2016.

FERREIRA, M. L.; ANDRADE, A. M.; SANTIAGO, W. E., Geoprocessamento aplicado à identificação de áreas propícias ao cultivo de café. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, p. e17410414050-e17410414050, 2021.

GOTTARDO, T. V.; BARBOSA, I., Percepção dos Usuários Quanto à Avaliação Indireta da Qualidade de Conjuntos de Dados Geoespaciais. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 73, n. 3, 2021.

IBGE, **Perfil de Metadados Geoespaciais do Brasil: Perfil MGB 2.0**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 106 p., 2021.

IBGE, **Avaliação da Qualidade de Dados Geoespaciais**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 96 p., 2017.

ISO, **ISO 19157:2013: geographic information: data quality**. International Organization for Standardization (ISO), 2013.

ISO, **ISO 2859-0:1995. Sampling procedures for inspection by attributes - part 0: introduction to the ISO 2859 attribute sampling system**. International Organization for Standardization (ISO), 1995.

ISO, **ISO 2859-2:1985. Sampling procedures for inspection by attributes - Part 2: Sampling plans indexed by limiting quality (LQ) for isolated lot inspection**. International Organization for Standardization (ISO), 1985.

LIMA, C. A.; NUNES, F. P., Conflitos no uso do solo e sua relação com a conservação ambiental: um estudo de caso. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 7, n. 16, p. 691-705, 2020.

LORENA, R. B.; SANQUETTA, C. R.; DALLA CORTE, A. P.; VASCONCELOS, O. L. S., Emissões de dióxido de carbono advindas do corte de árvores isoladas na Fazenda Barreiro no município de Limeira do Oeste-MG. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 6, n. 1, p. 54-61, 2021.

MINAS GERAIS, **Deliberação Normativa Copam nº 217, de 06 de dezembro de 2017**. Estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, bem como os critérios locacionais a serem utilizados para definição das modalidades de licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais no Estado de Minas Gerais e dá outras providências. 2017a.

MINAS GERAIS, **Resolução Conjunta SEMAD/FEAM/IEF/IGAM nº 2.466, de 13 de fevereiro de 2017**. Institui a Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos e cria seu Comitê Gestor. 2017b.

MIRANDA, G. P.; LACERDA, A. V.; OLIVEIRA, R. L. M.; ROSSONI, H. A. V., Análise de conteúdo temática-categorial comparativa entre as alterações promovidas nas classificações e nas modalidades de licenciamento ambiental no estado de Minas Gerais: DN COPAM nº 74/2004 versus nº 217/2017. In: **IV Seminário dos Estudantes de Pós-Graduação-IFMG-Campus Bambuí**. 2018.

RAIMUNDO, M. R.; MALVESTIO, A. C.; BERNADI, Y. R., Modificações do licenciamento ambiental em Minas Gerais: avanço ou retrocesso?. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 52, 2019.

RAJABIFARD, A.; BINNS, A.; MASSER, I.; WILIAMSON, I. P., The role of sub-national government and the private sector in future Spatial Data Infrastructures. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 20, p. 727-741, 2006.

RAMOS, M. P.; NÓBREGA, R. A. A., Geotecnologias em perícias ambientais: aplicabilidade para estudos em represas de abastecimento e áreas protegidas. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 3, p. 469-484, 2020.

SANTOS, L. H. O., A complexidade na compreensão dos atrativos naturais e o meio físico: um estudo sobre as Terras Altas da Mantiqueira, sul de Minas Gerais-Brasil. **Revista Brasileira de Pesquisa em Turismo**, v. 16, p. 2369-2369, 2022.

SEMAD, **IDE-Sisema disponibiliza dados sobre o relevo de MG para análises e pesquisas ambientais**. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, Minas Gerais, 2023. Disponível em: <<http://www.meioambiente.mg.gov.br/noticias/5557-ide-sisema-disponibiliza-dados-sobre-o-relevo-de-mg-para-analises-e-pesquisas-ambientais>>. Acesso em: junho de 2023.

SISEMA, **Manual 01** – Normas, Estruturação, Padrões de Nomenclatura e Armazenamento dos Dados Geoespaciais. Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2ª Edição, Minas Gerais, 2021.

SISEMA, **Manual 01** – Normas, Estruturação, Padrões de Nomenclatura e Armazenamento dos Dados Geoespaciais. Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos 3ª Edição, Minas Gerais, 2022.

SOARES, A. F. S.; MARTINS, B. A. F.; CONCEIÇÃO, E. R.; SILVA, L. F. M.; FREITAS, P. C., Alterações no licenciamento ambiental de barragem de rejeito de mineração em Minas Gerais após o desastre de Mariana-MG. In: **1º Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade**. 2018.

XAVIER, C. J.; FERREIRA, M. L.; SANTIAGO, W. E.; RODRIGUES, R. C., Geoprocessamento aplicado à identificação de áreas aptas para implantação de pivôs centrais. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 8, p. e6110817038-e6110817038, 2021.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No desenvolvimento deste trabalho foram apresentados métodos para avaliação da qualidade de Infraestruturas de Dados Espaciais. Levando em consideração elementos da qualidade cartográfica que não são muito explorados, sendo negligenciados em alguns casos e que ainda carecem de metodologias consolidadas para sua análise.

Tomando como base as especificações das normas ISO 19157, ISO 2859-1, 2859-2, a ET-CQDG e o colocado por Ureña-Cámara et al. (2019), o presente estudo propõe um método para avaliação da consistência lógica em uma IDE. A princípio é realizada uma análise da IDE para entender seus objetivos, avaliar quais as informações são disponibilizadas e quais os padrões e tecnologias foram definidos em sua concepção. Em seguida, avaliando os quatro subelementos da consistência lógica, para os dados e metadados compartilhados, é possível analisar diretamente esses elementos, e de forma subjetiva inferir a qualidade dos demais componentes da IDE, sendo estes os padrões, políticas e tecnologias.

Desta forma, o método proposto possibilita diagnosticar se a IDE cumpre os objetivos para qual foi concebida, principalmente o de compartilhar e possibilitar a descoberta de informações espaciais que possam ser reutilizadas, ao analisar os dados e os metadados compartilhados. Além de avaliar se a arquitetura computacional, os padrões e normas estabelecidos garantem a interoperabilidade no compartilhamento de informações espaciais heterogêneas, e se estes estão sendo seguidos pelos utilizadores e gerenciadores da infraestrutura.

Além de apresentar o método, definindo e elucidando as medidas a serem consideradas, definir critérios de amostragem para realizar as análises e propor uma escala de classificação para a IDE em relação a cada um dos subelementos da consistência lógica, foi desenvolvido um estudo de caso para uma IDE acadêmica. Este estudo de caso realizado para a IDE-UFV, que permitiu demonstrar a aplicabilidade do método proposto, onde os resultados observados para essa IDE local evidenciaram a necessidade de avaliação da consistência lógica em IDE.

Em relação a usabilidade, foi proposto o método HEUA-SDI, onde, através de um questionário, são propostas tarefas a serem executadas pelos usuários, o que permite analisar a adequação da infraestrutura às heurísticas de usabilidade. Desta forma, avalia-se se a IDE satisfaz as heurísticas de usabilidade, analisando sua eficácia e eficiência. Ainda assim, esta análise é realizada pelos próprios utilizadores remotamente, o que também permite a avaliação simultânea da satisfação. A aplicação dos questionários de forma remota, possibilita maior abrangência de usuários, reduz custos e permite uma análise considerando a realidade de acesso dos participantes.

A maioria das pesquisas voltadas para a avaliação da usabilidade tendem a ser subjetivas, considerando apenas a opinião dos usuários, onde a forma e o que avaliar é definido pelo pesquisador, existindo estudos que são baseados em heurísticas ou padrões de usabilidade, mas que, no entanto, são realizados pelos próprios desenvolvedores do sistema, excluindo assim a satisfação dos usuários. Neste sentido o método HEUA-SDI se diferencia, pois considera a opinião dos usuários, mas é baseado nas heurísticas de usabilidade, que determinam os padrões de usabilidade que um sistema deve atender.

A partir da análise dos questionários é possível calcular as métricas Q_t e M_{HEUA} , que respectivamente, representam o nível de conformidade da IDE a cada heurística e o nível de conformidade global, possibilitando avaliar a IDE quantitativamente. Além disso, por meio da descrição dos problemas e apresentação de soluções potenciais, é possível realizar uma avaliação qualitativa.

Como fruto do desenvolvimento da presente pesquisa, foi obtido um panorama geral das características e níveis de qualidade de IDE brasileiras. Possibilitando constatar que as IDE são heterogêneas, algumas tendo como objetivo a organização e documentação dos dados existentes, outras destinadas a compartilhar e possibilitar o download dos dados para reutilização. Também foi notado que muitas adotam os padrões estabelecidos pela INDE, ao passo que algumas têm padrões, modelagem e estruturas exclusivas. Por outro lado, uma minoria não fornece definições para políticas, normas ou padrões.

Ao aplicar os questionários pilotos para as 16 IDE brasileiras, a maioria das infraestruturas avaliadas alcançaram métricas positivas, além de ter sido observado

uma padronização quanto à estética e design das plataformas, o que facilita a difusão, utilização e familiarização dos sistemas para os usuários. Os principais problemas detectados foram relacionados ao suporte ao usuário e clareza na apresentação de erros, demonstrando que as mensagens apresentadas e os arquivos disponibilizados para ajuda, podem ser melhorados.

Avaliar a usabilidade e a consistência lógica da IDE-Sisema, proporcionou além de averiguar a aplicabilidade dos métodos, analisar detalhadamente a IDE, diagnosticando-a e propondo melhorias. Na avaliação da usabilidade atingiu-se um número satisfatório de participantes. Onde a análise dos resultados possibilitou concluir que a IDE-Sisema se adequa favoravelmente às heurísticas de usabilidade e qualitativamente os usuários se mostraram satisfeitos com a IDE.

Um dos principais problemas observados foi em relação ao compartilhamento dos metadados e inexistência de um catálogo de metadados, mas ao longo do desenvolvimento da pesquisa a IDE passou por melhorias, trazendo soluções a principal problemática levantada. No entanto, ainda foi constatado que a quantidade de metadados disponibilizados era significativamente inferior a quantidade de dados. Ademais, as conclusões sobre a usabilidade da IDE-Sisema condizem com as observadas para as IDE Brasileiras avaliadas. Os usuários se mostraram satisfeitos com a interface e design da IDE e apontaram a possibilidade de melhorias no arquivo de ajuda.

Em relação a consistência lógica, foi possível avaliar as medidas de qualidade para os subelementos, analisando os dados e metadados. Destaca-se que não foi possível avaliar a consistência topológica para os metadados, visto a não existência de hierarquização entre estes. Observou-se que em relação aos dados as piores classificações foram em relação a consistência topológica e de domínio, e que para os metadados, a pior classificação foi em relação a consistência conceitual.

Os resultados encontrados para a IDE-Sisema, se assemelham aos obtidos para a IDE-UFV. O que evidencia que para ambas IDE, que apresentam esquema conceitual e definições de padrões, não foram observadas inconsistências expressivas em relação a consistência conceitual e de formato para os dados. No entanto, observou-se algumas incoerências em relação a consistência de domínio e topológica dos dados e consistência conceitual para os metadados da IDE-Sisema,

principalmente no que tange a aplicação na prática dos padrões definidos, demonstrando que estes podem ser mais bem difundidos ou adaptados para a forma na qual estão sendo aplicados.

Neste trabalho, as análises para avaliação da consistência lógica foram desenvolvidas de forma manual, empregando as tecnologias já existentes de SIG. Para trabalhos futuros é recomendado avaliar a possibilidade de automatizar os processos realizados. Buscando definir rotinas para aquisição e download automático dos dados e metadados compartilhados pelas IDE, conforme a amostragem necessária. Desenvolvendo programas para validação automática do formato dos dados e existência de erros topológicos. Como já foram desenvolvidos trabalhos padronizando os metadados e criando editores para o seu preenchimento, evitando erros grosseiros, talvez possam ser definidas também, rotinas para avaliação das medidas relacionadas aos metadados.

No entanto, é preciso destacar que uma das etapas principais é avaliar a IDE e entender seus objetivos, padrões e políticas. Nesse sentido, a análise da consistência lógica terá muita interferência pelas particularidades da IDE, o que pode dificultar a automatização das análises. As medidas de consistência conceitual, por exemplo, estão condicionadas ao esquema conceitual definido para a IDE, o que pode requerer que a análise seja feita com grande interferência humana. A análise da coerência conceitual dos metadados exige a interpretação das descrições textuais livres inseridas nos mesmos, o que representa um desafio para a automação desse processo.

A classificação da IDE em termos de consistência lógica, as métricas da infraestrutura em relação a adequabilidade às heurísticas de usabilidade e as observações qualitativas a respeito da usabilidade não inviabilizam o acesso e a utilização das funcionalidades disponibilizadas pela plataforma. Tais análises de qualidade possibilitam uma avaliação da IDE, entendendo e atestando as características positivas e diagnosticando os pontos passíveis de melhorias. Neste sentido, espera-se que os métodos propostos e as análises desenvolvidas possam nortear e serem replicados em estudos futuros, contribuindo para a melhoria da qualidade das IDE, que a cada dia têm se tornado ferramentas mais difundidas e empregadas em diversos contextos.

Esta pesquisa teve como enfoque avaliar a qualidade de uma IDE considerando os conceitos de consistência lógica e usabilidade, o que possibilitou realizar diagnósticos dentre os métodos propostos e os resultados obtidos. No entanto, observa-se que as IDE são plataformas complexas, que além dos dados e metadados compartilhados e da visão dos usuários ao interagirem com a interface das infraestruturas, outros elementos como a gestão, políticas, tecnologias, arquiteturas empregadas, recursos empreendidos, retornos obtidos, entre outras abordagens, devem e podem ser avaliados.

Logo, a avaliação da qualidade das IDE, buscando por melhorias e aperfeiçoamento, é uma temática que ainda requer muitas análises. Visto que ao longo dos anos muitos esforços e estudos foram despendidos para possibilitar a criação de IDE e proporcionar o compartilhamento de informações espaciais, mas além de criar é preciso definir mecanismos para garantir a manutenção, gestão e atualização dessas plataformas ao longo do tempo, acompanhando os avanços tecnológicos e mudanças de paradigmas sociais.

APÊNDICE A

Tarefas aplicadas em testes de usabilidade

Autor	Sistema Web avaliado	Tarefas consideradas
HE et al. (2012)	Geoportais da Suécia	1 – Abra o geoportal Swedish pela página principal do projeto. 2 – Busque um dado buscando por um texto livre. 3 – Busque um dado por uma categoria específica. 4 - Busque especificando uma extensão geográfica. 5 – Busque inserindo um texto livre em uma categoria específica. 6 – Busque inserindo um texto livre e uma específica extensão geográfica. 7 – Busque especificando uma categoria e uma extensão geográfica. 8 - Busque inserindo um texto livre, especificando uma categoria e uma extensão geográfica. 9 - Habilite e remova um Web Map Service (WMS). 10 – Adicione um WMS inserindo uma URL. 11 – Exercite sobre os mapas e camadas.
Gonzales-Campos et al. (2016)	IDE do Instituto Geográfico Militar do Equador	1 - Acesse o site do IDE do Instituto Geográfico Militar de Equador. 2 - Encontre e abra o visualizador de mapa do IDE. 3 - Encontre a cartografia ou mapa básico do visualizador e ative a camada Estradas. 4 - Visualize um mapa que mostra as duas camadas a seguir: Províncias e Cidades. 5 - Visualize a legenda de uma das duas camadas anteriores. 6 - Execute um “zoom +” e identificar a ferramenta que permite conhecer a escala de exibição na tela. 7 - Medir uma distância AB. 8 - Identificar uma entidade geográfica (rio, estrada, estrada, cidade, etc.) e ver as informações associadas a ele. 9 - Adicione um serviço de mapa (WMS) ao visualizador de mapa. 10 - Salve o mapa atual exibido no visualizador, usando a opção “Imprimir”.
Araújo et al. (2017)	Visualizador da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais do Brasil (INDE)	1 – Entrar no Website da Infraestrutura de Dados Espaciais do Brasil. 2 - Procurar e abrir o visualizador de mapas VINDE. 3 - Buscar e ativar a camada de Rede Viária Nacional (Rodovias). 4 – Visualizar um mapa que mostre as seguintes camadas: limites administrativos (Estado ou Município) e localização das cidades. 5 – Visualizar a legenda de uma das camadas anteriores. 6 – Realizar um “zoom+” e identificar a escala de visualização na tela 7 – Medir uma distância A-B. 8 – Aproveitando uma das camadas já abertas anteriormente, visualizar a informação associada à mesma (atributos).

		<p>9 - Agregar ao visualizador da IDE um serviço de mapas WMS (Web Map Service). Sugere-se a consulta a um servidor Geoserver para obtenção do link relativo ao serviço a ser consumido.</p> <p>10 - Salvar ou imprimir o mapa atual que se apresenta na tela, utilizando alguma das seguintes opções que se encontram disponíveis nos visualizadores: “imprimir mapa” ou “salvar imagem” ou “salvar link” para recuperar ou compartilhar o mapa.</p> <p>11 - Visualizar os metadados de uma camada qualquer.</p> <p>12 - Aproveitando as camadas que já estão carregadas em tela, reordene as mesmas aleatoriamente.</p> <p>13 - Aproveitando as camadas que já estão carregadas em tela, exercite a função de transparência das camadas.</p>
Bazargan et al. (2017)	Geoportal do Teerã	<p>1 – Use o widget de banco de dados de esculturas para identificar uma estátua no bairro “Niavaran” da Região 1 e diga oralmente o nome da obra de arte e o material usado.</p> <p>2 – Use o widget de banco de dados de escultura operando o seletor “sim ou não” para declarar oralmente se a estátua “Garshasb” está iluminada ou não. Identifique e nomeie oralmente o equipamento de iluminação usado para iluminar esta estátua específica.</p> <p>3 - Use o widget de banco de dados de esculturas para identificar e declarar oralmente o distrito de Teerã no qual a escultura “Bolbol” está localizada. Também identifique e nomeie oralmente o artista que criou a escultura “Bolbol”.</p> <p>4 - Use o widget de banco de dados de esculturas e o widget de distância para declarar oralmente a distância entre a estátua “Garshasb” e a estação de metrô mais próxima.</p> <p>5 – Use o widget de banco de dados de esculturas e o widget de vista de rua para identificar e declarar oralmente o tipo mobiliário urbano ao lado da estátua “Roftegar”.</p>
Blake et al. (2017)	Geoportal Big Ten Academic Alliance	<p>1 – Encontre e baixe um mapa de Ann Arbor do século XIX.</p> <p>2 – Você está pesquisando os lagos de Minnesota. Encontre o número aproximado de registros que incluem informações disponíveis sobre lagos em Minnesota.</p> <p>3 – Sua família, seu avô, Henry Jennings, estão vendendo sua fazenda em Sperry Township, que fica em Clayton County, Iowa. Você pode encontrar um mapa de Sperry Township?</p> <p>4 - Você deseja fazer um mapa simples de todos os condados da Pensilvânia. Encontre onde baixar essas informações.</p> <p>5 – Você acabou de se mudar para a cidade de Ypsilanti no condado de Washtenaw e deseja saber mais sobre a área. Encontre o número aproximado de registros disponíveis.</p>
Komarkova et al. (2017)	Geoportais da República Checa.	<p>1 - Use o Google para encontrar o aplicativo GIS baseado na Web e sua página inicial. A escolha das palavras-chave depende de você.</p>

		<p>2 - Encontre um mapa da divisão administrativa da região e abra.</p> <p>3 - Defina uma escala para aprox. 1: 200 000</p> <p>4 - Encontre uma ferramenta "Desfazer/ Voltar" para uma ação de passo para trás dentro ferramentas de mapa.</p> <p>5 - Exibir camada contendo municípios com competência e desligue todas as outras camadas.</p> <p>6 - Use qualquer forma de exibir o nome de um dos municípios com competência estendida em uma escala de aprox. 1: 500 000.</p> <p>7 - Encontre e use uma ferramenta para exibir toda a extensão da região (exibir todos os municípios da região).</p> <p>8 - Meça uma distância direta entre quaisquer dois municípios com competência estendida.</p> <p>9 - Use uma ferramenta adequada para recuperar informações sobre os recursos.</p> <p>10 - Encontre um código de uma cidade regional.</p> <p>11 - Ative um mapa de ortofoto.</p> <p>12 - Encontre uma legenda para a camada de municípios com competência.</p> <p>13 - Ative um mapa de visão geral (um pequeno mapa colocado no inferior) e use-o para centralizar um grande mapa da cidade regional em uma escala de aprox. 1: 500000.</p> <p>14 - Exibir nomes de ruas na cidade regional.</p> <p>15 - Use uma ferramenta de pesquisa para encontrar a cidade regional no mapa.</p>
Jesus et al. (2018)	IDE Bahia	<p>1 – Entre no site da IDE Bahia e encontre o visualizador de mapa do Geoportal.</p> <p>2 - Utilizando a lista de camadas identifique a região do Recôncavo Baiano.</p> <p>3 – Encontre o município de Cachoeira. Qual escala de visualização?</p> <p>4 - Calcule a distância entre os municípios de Salvador e Cachoeira.</p> <p>5 - Acesse o geoserviço WMS da IDE-BA "Eixo de Logradouros do município Cachoeira" e seus metadados.</p> <p>6 – Acesse um geoserviço WFS de outro catálogo que não IDE (ex: INDE, IBGE, MMA) e visualize no mapa.</p> <p>7 – Visualize a legenda do mapa criado.</p>
Panchaud e Zurich (2018)	Geoportais	<p>1 - Selecione camadas.</p> <p>2 - Verifique e/ou ajuste os parâmetros de definição do mapa.</p> <p>3- Verifique e/ou ajuste a ordem das camadas.</p> <p>4 - Verifique e/ou ajuste a hierarquia visual.</p> <p>5 - Escolha um novo método de simbolização para as camadas de fundo.</p>
Kalantari et al. (2020)	Metadados	<p>1 - Encontre os dados espaciais necessários de sistemas de descoberta (VDD e FIND).</p> <p>2 - Determine a adequação dos dados espaciais para um determinado cenário.</p> <p>3 - Determine como obter e usar apropriadamente os dados espaciais.</p>

APÊNDICE B

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O Sr.(a) está sendo convidado(a) como voluntário(a) a participar da pesquisa **“AVALIAÇÃO DA USABILIDADE DA IDE-SISEMA”**.

Nesta pesquisa pretendemos **“avaliar a usabilidade da Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – IDE-Sisema, aplicando a metodologia HEUA-SDI”**.

O que justifica este estudo é a **“IDE-Sisema ser uma plataforma que disponibiliza na Internet os dados cartográficos produzidos pelas atividades, programas e projetos ambientais e de recursos hídricos desenvolvidos pelo Sisema, desta forma, ela constitui uma importante ferramenta para compartilhamento de dados espaciais referentes ao estado de Minas Gerais. No entanto, para que a IDE-Sisema atinja toda sua potencialidade é preciso que ela tenha qualidade em termos de usabilidade, ou seja, que ela seja eficiente e eficaz, além de atingir o nível de satisfação dos usuários. Existindo então, a necessidade de avaliar a usabilidade da IDE-Sisema, para analisar possíveis problemas e propor soluções”**.

Para esta pesquisa adotaremos os seguintes procedimentos: **“avaliação da execução de tarefas relacionadas a IDE-Sisema, onde, para cada tarefa o participante deverá assinalar se foi possível executá-la, se não foi possível, inserindo uma observação a respeito do problema ocorrido e/ou possível solução, e se a tarefa não se aplica a IDE-Sisema. A partir das respostas obtidas, serão calculadas métricas que permitem avaliar quantitativamente a usabilidade da IDE e também serão avaliadas as respostas qualitativas”**. Somente poderão participar da pesquisa participantes maiores de idade e legalmente responsáveis.

A participação do voluntário tem como finalidade **“avaliar a eficiência e eficácia da IDE, e também se a satisfação do usuário é atendida ao executar tarefas de interação junto a IDE-Sisema”**. O questionário deverá ser respondido em uma única vez, em um tempo médio de resposta de trinta minutos. A aplicação do questionário

para a obtenção dos dados deverá ser realizada no prazo máximo de três meses, após aprovação do CEP.

Os riscos envolvidos na pesquisa consistem em **“os participantes podem se sentir intimidados e/ou cansados, dado a quantidade de perguntas do questionário. Para abrandar estes riscos será assegurado que o entrevistado não é obrigado a responder questões com as quais se sinta desconfortável e podem interromper a solução do questionário em qualquer momento”**. A pesquisa contribuirá para **“avaliação da atual situação da usabilidade da IDE-Sisema, identificando os problemas e possíveis soluções”**. **“Ao identificar os problemas de usabilidade e possíveis soluções, serão propostas melhorias para IDE-Sisema, que a tornarão mais eficaz, eficiente e condizente com o que é esperado pelos usuários ao acessarem e utilizarem os serviços desta infraestrutura, no entanto, não há benefícios diretos à curto prazo para os participantes”**.

Para participar deste estudo o Sr.(a) não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Apesar disso, diante de eventuais danos, identificados e comprovados, decorrentes da pesquisa, o Sr.(a) tem assegurado o direito à indenização. O Sr.(a) tem garantida plena liberdade de recusar-se a participar ou retirar seu consentimento, em qualquer fase da pesquisa, sem necessidade de comunicado prévio. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que o Sr.(a) é atendido(a) pelo pesquisador. Os resultados da pesquisa estarão à sua disposição quando finalizada. O(A) Sr.(a) não será identificado(a) em nenhuma publicação que possa resultar.

Caso seja de seu interesse, será encaminhado por e-mail uma cópia deste termo assinada pelo coordenador da pesquisa.

Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de **“dois anos”** após o término da pesquisa. Depois desse tempo, os mesmos serão destruídos.

Os pesquisadores tratarão a sua identidade com padrões profissionais de sigilo e confidencialidade, atendendo à legislação brasileira, em especial, à Resolução

466/2012 do Conselho Nacional de Saúde, e utilizarão as informações somente para fins acadêmicos e científicos. Nesta pesquisa, não será necessário informar o nome, ou qualquer informação pessoal, será coletado somente a sua opinião ao executar cada uma das tarefas propostas.

Declaro que fui informado(a) dos objetivos da pesquisa “**AVALIAÇÃO DA USABILIDADE DA IDE-SISEMA**”. Nesta pesquisa pretende-se “**AVALIAR A USABILIDADE DA IDE-SISEMA, EMPREGANDO O MÉTODO HEUA-SDI**” de maneira clara e detalhada, e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar minha decisão de participar se assim o desejar. Declaro que sou maior de idade e legalmente responsável, bem como concordo em participar da pesquisa. E caso seja de minha vontade, irei receber uma via original deste termo de consentimento livre e esclarecido e que me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer minhas dúvidas.

Nome do Pesquisador Responsável: Afonso de Paula dos Santos

Endereço: Av. PH Rolfs, s/n – Campus Universitário Cep: 36570-900 Viçosa/MG

Telefone: (31)3899-3029

Email: afonso.santos@ufv.br

Em caso de discordância ou irregularidades sob o aspecto ético desta pesquisa, você poderá consultar:

CEP/UFV – Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos
Universidade Federal de Viçosa
Edifício Arthur Bernardes, piso inferior
Av. PH Rolfs, s/n – Campus Universitário
Cep: 36570-900 Viçosa/MG
Telefone: (31)3899-2492
Email: cep@ufv.br
www.cep.ufv.br

Para acessar o questionário será necessário concordar com o termo e informar se deseja recebê-lo por e-mail.

Declaro que li, e concordo com este TERMO DE CONSETIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.

Desejo receber esse TERMO DE CONSETIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO por e-mail.

E-mail:

Questionário

Explicação: Por meio desse questionário, será avaliado a usabilidade da IDE-Sisema. Para resolver este questionário, você deverá tentar executar cada uma das tarefas propostas. E assinalar para cada tarefa:

A: Atende - caso a tarefa seja executada.

NAt: Não Atende - caso a tarefa não seja executada.

NAp: Não Aplica - caso considere que tarefa não deveria ser avaliada para a IDE-Sisema.

Para as tarefas não executadas, onde foi assinalado NAt, deverá ser colocado no campo observação o problema ocorrido e/ou uma possível solução.

O intuito desta pesquisa é avaliar a real utilização da IDE-Sisema, considerando os equipamentos e rede de acesso que o participante possui.

Avaliação das Heurísticas	Conclusão após a execução da tarefa			
	A	NAt	NAP	Obs:
1 - Visibilidade do estado do sistema	6 tarefas			
Acesse a IDE-Sisema a partir de mecanismos de pesquisa na internet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Clique ou toque aqui para inserir o texto.
Encontre a descrição da IDE-Sisema, entendendo o seu objetivo e por quem ela é gerenciada.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Clique ou toque aqui para inserir o texto.
Procure e abra o visualizador de mapas da IDE-Sisema.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Clique ou toque aqui para inserir o texto.
Procure e abra o catálogo de metadados da IDE-Sisema.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Clique ou toque aqui para inserir o texto.
Volte para a página inicial da IDE-Sisema.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Clique ou toque aqui para inserir o texto.
Encontre a data de atualização e versão da IDE-Sisema.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Clique ou toque aqui para inserir o texto.
2 - Compatibilidade entre o sistema e o mundo real	4 tarefas			
Analise as camadas disponíveis no visualizador de mapas e veja se compreende os nomes adotados para as camadas, as ferramentas e os links disponibilizados.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Clique ou toque aqui para inserir o texto.
Habilite a camada <i>Massas D'água (ANA)</i> .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Clique ou toque aqui para inserir o texto.
Avalie as coordenadas apresentadas ao mover o cursor.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Clique ou toque aqui para inserir o texto.
Avalie a legenda da camada habilitada, analisando se ela se adequa aos elementos representados.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Clique ou toque aqui para inserir o texto.
3 - Liberdade e controle do usuário	5 tarefas			
Habilite a camada <i>Curvas de nível (30 m)</i> e encontre uma ferramenta que possibilite retornar, desfazendo este comando.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Clique ou toque aqui

				para inserir o texto.
Aplique um zoom nas camadas que estão habilitadas e utilize o cursor para movimentar a área apresentada no mapa.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Clique ou toque aqui para inserir o texto.
Analise em qual escala as camadas estão sendo apresentadas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Clique ou toque aqui para inserir o texto.
Utilize alguma opção de atalho por teclas que conheça e verifique se ela é aplicável no visualizador de mapas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Clique ou toque aqui para inserir o texto.
Tente trocar o idioma no qual a IDE-Sisema é apresentada.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Clique ou toque aqui para inserir o texto.
4 - Consistências e padrões	4 tarefas			
Ao acessar as diversas funcionalidades da IDE avalie se existe padrão nas abas apresentadas, como identidade visual e logotipos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Clique ou toque aqui para inserir o texto.
Avalie a organização das camadas no visualizador de mapas, verificando se elas estão organizadas de forma que você considere lógica.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Clique ou toque aqui para inserir o texto.
Faça o download da camada vetorial <i>Limite de Minas Gerais</i> .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Clique ou toque aqui para inserir o texto.
Avalie se são informados o tamanho e formato do elemento que está sendo baixado.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Clique ou toque aqui para inserir o texto.
5 - Prevenção de Erros	3 tarefas			
Faça uma consulta textual para encontrar a camada <i>Região Metropolitana</i> .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Clique ou toque aqui para inserir o texto.
Busque e analise os atributos da camada <i>Massas D'água (ANA)</i> habilitada.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Clique ou toque aqui para inserir o texto.
Busque o município de <i>Florestal</i> . Analise se este município selecionado é destacado no mapa.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Clique ou toque aqui para inserir o texto.
6 - Reconhecimento ao invés de recordação	5 tarefas			
Avalie se o sistema apresenta informação textual sobre o funcionamento de cada ferramenta ao passar o cursor sobre ela.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Clique ou toque aqui para inserir o texto.
Analise se as camadas que já foram habilitadas ficam com coloração diferente.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Clique ou toque aqui para inserir o texto.
Altere a simbologia e nível de transparência da camada <i>Massas D'água (ANA)</i> habilitada.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Clique ou toque aqui para inserir o texto.
Calcule a distância entre dois pontos apresentados no mapa.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Clique ou toque aqui para inserir o texto.
Utilize alguma ferramenta para alterar o zoom, apresentando toda a região do mapa.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Clique ou toque aqui para inserir o texto.
7 - Flexibilização e eficiência na utilização	5 tarefas			
Gere um layout com as camadas que você habilitou.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Agregue o geoserviço do Portal de Geoprocessamento da Prefeitura de Belo Horizonte – BHGEO, cuja URL é http://bhmap.pbh.gov.br/v2/api/idebhgeo/ows .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Clique ou toque aqui para inserir o texto.

Busque pela camada <i>Massas D'água (ANA)</i> através de ferramentas de busca do catálogo de metadados.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Clique ou toque aqui para inserir o texto.
Analise se pela descrição do metadados da camada <i>Massas D'água (ANA)</i> é possível acessar o geoserviço ou realizar o download desse conjunto de dados e analisar a sua data de geração e distribuição.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Clique ou toque aqui para inserir o texto.
De maneira geral, o tempo gasto nas tarefas efetuadas é condizente com a complexidade de cada tarefa executada.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Clique ou toque aqui para inserir o texto.
8 - Estética e design	3 tarefas			
Avalie se as fontes dos textos adotados são legíveis.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Clique ou toque aqui para inserir o texto.
Avalie se as cores adotadas são adequadas e caracterizam bem os elementos cartográficos representados.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Clique ou toque aqui para inserir o texto.
Avalie se a distribuição dos elementos, ícones e links facilitam a compreensão e navegação.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Clique ou toque aqui para inserir o texto.
9 - Suporte aos usuários (em relação aos erros)	2 tarefas			
Avalie se as mensagens, mostradas em caso de erros, são claras e de fácil entendimento.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Clique ou toque aqui para inserir o texto.
Avalie se por meio das mensagens de erro se é possível solucionar o problema.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Clique ou toque aqui para inserir o texto.
10 - Ajuda e documentação	3 tarefas			
Encontre a aba de ajuda sobre as ferramentas do visualizador de mapas, catálogo de matadados e acesso ao geportal.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Clique ou toque aqui para inserir o texto.
Avalie se o arquivo de ajuda é adequado, ou seja, se realmente cumpre com a função de explicar e facilitar o uso das ferramentas existentes.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Clique ou toque aqui para inserir o texto.
Encontre informações que possibilite entrar em contato com os desenvolvedores da IDE-Sisema.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Clique ou toque aqui para inserir o texto.
Total	40 tarefas			

APÊNDICE C

Métricas de usabilidade para cada questionário

ID	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	MHEUA
1	66,7	0,0	-60,0	0,0	0,0	60,0	0,0	100,0	0,0	33,3	20,0
2	66,7	0,0	20,0	50,0	-33,3	100,0	-100,0	100,0	-100,0	-33,3	7,0
3	66,7	50,0	20,0	50,0	33,3	100,0	-60,0	100,0	-100,0	-33,3	22,7
4	100,0	50,0	50,0	50,0	100,0	60,0	50,0	100,0	0,0	33,3	59,3
5	66,7	50,0	-20,0	50,0	-33,3	100,0	-20,0	100,0	0,0	-33,3	26,0
6	100,0	50,0	60,0	50,0	33,3	60,0	100,0	100,0	100,0	100,0	75,3
7	66,7	50,0	60,0	100,0	100,0	60,0	20,0	100,0	100,0	100,0	75,7
8	33,3	0,0	-20,0	-50,0	-33,3	60,0	-20,0	100,0	100,0	-33,3	13,7
9	66,7	100,0	60,0	100,0	100,0	60,0	-20,0	100,0	100,0	-33,3	63,3
10	100,0	100,0	20,0	100,0	33,3	60,0	100,0	100,0	0,0	100,0	71,3
11	100,0	100,0	60,0	100,0	33,3	100,0	100,0	100,0	0,0	100,0	79,3
12	100,0	100,0	20,0	100,0	33,3	60,0	100,0	100,0	0,0	100,0	71,3
13	100,0	50,0	20,0	100,0	33,3	60,0	-60,0	100,0	100,0	-33,3	47,0
14	100,0	50,0	60,0	50,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	86,0
15	66,7	100,0	100,0	100,0	-33,3	60,0	100,0	100,0	100,0	100,0	79,3
17	100,0	50,0	60,0	50,0	100,0	20,0	-20,0	100,0	100,0	100,0	66,0
18	66,7	50,0	60,0	50,0	33,3	20,0	-60,0	100,0	-100,0	100,0	32,0
19	66,7	50,0	60,0	100,0	100,0	20,0	-20,0	100,0	-100,0	100,0	47,7
20	100,0	50,0	60,0	100,0	100,0	100,0	60,0	100,0	100,0	100,0	87,0
21	66,7	50,0	100,0	50,0	33,3	100,0	20,0	100,0	0,0	-33,3	48,7
22	66,7	50,0	60,0	100,0	100,0	100,0	20,0	100,0	-100,0	100,0	59,7
23	66,7	50,0	100,0	100,0	100,0	60,0	100,0	100,0	100,0	33,3	81,0
24	66,7	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	60,0	100,0	100,0	100,0	92,7
25	100,0	50,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	95,0
26	33,3	50,0	50,0	0,0	-33,3	20,0	-60,0	33,3	-100,0	33,3	2,7
27	100,0	100,0	60,0	100,0	100,0	100,0	100,0	33,3	100,0	100,0	89,3
28	66,7	50,0	50,0	100,0	100,0	60,0	60,0	100,0	0,0	33,3	62,0
29	66,7	100,0	60,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	92,7
30	66,7	50,0	50,0	50,0	100,0	100,0	-20,0	100,0	100,0	33,3	63,0
31	66,7	0,0	20,0	50,0	33,3	20,0	-20,0	100,0	100,0	100,0	47,0
32	66,7	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	-33,3	83,3
33	100,0	50,0	-50,0	50,0	33,3	60,0	0,0	100,0	100,0	100,0	54,3
34	66,7	50,0	20,0	50,0	100,0	20,0	-20,0	100,0	-100,0	100,0	38,7
35	66,7	0,0	-60,0	100,0	100,0	-20,0	-60,0	33,3	0,0	100,0	26,0
36	33,3	50,0	-20,0	50,0	100,0	-33,3	50,0	33,3	-100,0	100,0	26,3
37	100,0	50,0	60,0	50,0	100,0	100,0	-60,0	100,0	100,0	100,0	70,0
38	66,7	50,0	50,0	50,0	100,0	-20,0	-50,0	33,3	-100,0	100,0	28,0
39	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	60,0	100,0	100,0	100,0	96,0
40	100,0	50,0	0,0	50,0	100,0	20,0	-50,0	100,0	0,0	33,3	40,3
41	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	60,0	60,0	100,0	100,0	100,0	92,0
42	100,0	50,0	20,0	50,0	100,0	60,0	-20,0	100,0	100,0	100,0	66,0
43	100,0	50,0	50,0	100,0	100,0	20,0	-20,0	100,0	-100,0	100,0	50,0
44	100,0	100,0	20,0	100,0	100,0	20,0	50,0	100,0	-100,0	100,0	59,0
45	66,7	100,0	20,0	100,0	33,3	20,0	60,0	100,0	0,0	100,0	60,0
46	66,7	50,0	60,0	0,0	33,3	-20,0	-20,0	100,0	100,0	100,0	47,0
47	66,7	50,0	20,0	50,0	33,3	60,0	-60,0	100,0	100,0	-33,3	38,7
48	33,3	50,0	20,0	100,0	33,3	60,0	-60,0	100,0	100,0	100,0	53,7

APÊNDICE D

Sumarização das respostas qualitativas para cada tarefa

Tarefa	Percepção geral
1 - Visibilidade do estado do sistema	
Acesse a IDE-Sisema a partir de mecanismos de pesquisa na internet.	Todos encontram e acessaram a IDE-Sisema.
Encontre a descrição da IDE-Sisema, entendendo o seu objetivo e por quem ela é gerenciada.	Todos entenderam seu objetivo e quem a gerencia.
Procure e abra o visualizador de mapas da IDE-Sisema.	Todos assinalaram que a tarefa foi cumprida, sem declarações qualitativas.
Procure e abra o catálogo de metadados da IDE-Sisema.	Alguns relatos de que não foi possível acessar o catalogo, realizar pesquisas e abrir metadados. Alguns assinalaram que o catálogo se encontra em manutenção.
Volte para a página inicial da IDE-Sisema.	Todos assinalaram que a tarefa foi cumprida, sem declarações qualitativas.
Encontre a data de atualização e versão da IDE-Sisema.	Muitos relataram que não encontraram a versão e data de atualização do sistema, apenas uma aba do que há de novo.
2 - Compatibilidade entre o sistema e o mundo real	
Analise as camadas disponíveis no visualizador de mapas e veja se compreende os nomes adotados para as camadas, as ferramentas e os links disponibilizados.	Todos assinalaram que a tarefa foi cumprida, sem declarações qualitativas.
Habilite a camada Massas D'água (ANA).	Todos assinalaram que a tarefa foi cumprida, sem nenhuma declaração qualitativa.
Avalie as coordenadas apresentadas ao mover o cursor.	Muitos relataram que o mover o cursor não são apresentadas as coordenadas, incluindo como sugestão que as coordenadas sejam apresentadas no canto inferior e se possível existindo a possibilidade de escolha entre coordenadas geográficas e UTM.
Avalie a legenda da camada habilitada, analisando se ela se adequa aos elementos representados.	79% dos participantes se mostraram satisfeitos com a legenda. Alguns relataram que era poderia ser menos confusa, sem indicar os códigos das camadas.
3 - Liberdade e controle do usuário	
Habilite a camada Curvas de nível (30 m) e encontre uma ferramenta que possibilite retornar, desfazendo este comando.	Alguns relataram que tentara empregar a ferramenta de voltar, mas sem sucesso, já que ela não realiza a função de desabilitar camadas.
Aplique um zoom nas camadas que estão habilitadas e utilize o cursor para movimentar a área apresentada no mapa.	Relataram a ausência de uma ferramenta que possibilite o zoom em uma camada específica.
Analise em qual escala as camadas estão sendo apresentadas.	Relataram que o sistema indica o nível de zoom, mas não possui uma escala numérica.
Utilize alguma opção de atalho por teclas que conheça e verifique se ela é aplicável no visualizador de mapas.	Muitos testaram alguns comandos e não obtiveram resultados. Quatro assinalaram que esta tarefa não se aplica, indicando que consideram desnecessário o funcionamento de atalhos do teclado para o sistema.

Tente trocar o idioma no qual a IDE-Sisema é apresentada.	Relataram a inexistência de ferramenta que possibilite a troca de idiomas, indicando como sugestões os idiomas inglês e espanhol.
4 - Consistências e padrões	
Ao acessar as diversas funcionalidades da IDE avalie se existe padrão nas abas apresentadas, como identidade visual e logotipos.	Todos assinalaram que a tarefa foi cumprida, sem declarações qualitativas.
Avalie a organização das camadas no visualizador de mapas, verificando se elas estão organizadas de forma que você considere lógica.	85% demonstraram satisfação quanto a organização e distribuição dos dados no sistema, sendo levantada a sugestão de serem apresentados em ordem alfabética.
Faça o download da camada vetorial Limite de Minas Gerais.	Todos assinalaram que a tarefa foi cumprida, sem declarações qualitativas.
Avalie se são informados o tamanho e formato do elemento que está sendo baixado.	Relataram que é apresentado somente o formato e não o tamanho do arquivo, sendo está uma informação julgada como necessária e interessante.
5 - Prevenção de Erros	
Faça uma consulta textual para encontrar a camada Região Metropolitana.	Nem todos conseguiram realizar a consulta, muitos indicaram que era retornado a região metropolitana de outros países e localidades.
Busque e analise os atributos da camada Massas D'água (ANA) habilitada.	Muitos sinalizaram dificuldades ao tentar acessar os atributos.
Busque o município de Florestal. Analise se este município selecionado é destacado no mapa.	Muitos relataram a dificuldade em fazer consulta a um município específico.
6 - Reconhecimento ao invés de recordação	
Avalie se o sistema apresenta informação textual sobre o funcionamento de cada ferramenta ao passar o cursor sobre ela.	A maioria assinalou que a tarefa foi cumprida, sem declarações qualitativas.
Analise se as camadas que já foram habilitadas ficam com coloração diferente.	Alguns apontaram que seria interessante as camadas que já foram ativas ficarem destacadas.
Altere a simbologia e nível de transparência da camada Massas D'água (ANA) habilitada.	Relataram que conseguiram alterar a transparência, mas não a simbologia. No entanto, alguns consideraram desnecessária a funcionalidade de alterar simbologia.
Calcule a distância entre dois pontos apresentados no mapa.	A maioria assinalou que a tarefa foi cumprida, sem declarações qualitativas.
Utilize alguma ferramenta para alterar o zoom, apresentando toda a região do mapa.	88% assinalou que a tarefa foi cumprida, sem declarações qualitativas.
7 - Flexibilização e eficiência na utilização	
Gere um layout com as camadas que você habilitou.	Foi identificado que o sistema não possibilita a criação de um layout, com legenda e orientação. E nenhum participante considerou essa função desnecessária.
Agregue o geoserviço do Portal de Geoprocessamento da Prefeitura de Belo Horizonte – BHGEO, cuja URL é http://bhmap.pbh.gov.br/v2/api/idebhgeo/ows .	Muitos não conseguiram agregar o geoserviço, mas alguns consideraram esta funcionalidade como desnecessária.
Busque pela camada Massas D'água (ANA) através de ferramentas de busca do catálogo de metadados.	Muitos relataram que não existe uma ferramenta de busca aos metadados. Alguns localizaram manualmente e outros empregaram o atalho de teclado "CTRL+F".

Análise se pela descrição do metadados da camada Massas D'água (ANA) é possível acessar o geoserviço ou realizar o download desse conjunto de dados e analisar a sua data de geração e distribuição.	Muitos não conseguiram acessar o metadados e relataram que o serviço estava fora do ar.
De maneira geral, o tempo gasto nas tarefas efetuadas é condizente com a complexidade de cada tarefa executada.	91% se mostraram satisfeitos com o tempo de resposta do sistema.
8 - Estética e design	
Avalie se as fontes dos textos adotados são legíveis.	94% se mostraram satisfeitos com os textos. Relato de apontamento para aumentar o tamanho da escala.
Avalie se as cores adotadas são adequadas e caracterizam bem os elementos cartográficos representados.	97% se mostraram satisfeitos com as cores. Único apontamento foi em relação a simbologia um pouco similar de camadas distintas de corpos d'água.
Avalie se a distribuição dos elementos, ícones e links facilitam a compreensão e navegação.	97% se mostraram satisfeitos, único apontamento considerando a distribuição um pouco confusa.
9 - Suporte aos usuários (em relação aos erros)	
Avalie se as mensagens, mostradas em caso de erros, são claras e de fácil entendimento.	A grande maioria afirmou não ter deparado com mensagem de erro. Os que observaram foi ao tentar acessar e buscar metadados.
Avalie se por meio das mensagens de erro se é possível solucionar o problema.	Como a maioria não observou mensagens de erros, não conseguiram avaliar a ajuda que proporcionou. A mensagem apresentada ao tentar acessar metadado, não era clara e não possibilitou a solução dos problemas.
10 - Ajuda e documentação	
Encontre a aba de ajuda sobre as ferramentas do visualizador de mapas, catálogo de metadados e acesso ao geoportal.	24% relataram não encontrar a aba de ajuda, somente um ícone de suporte com dúvidas frequentes.
Avalie se o arquivo de ajuda é adequado, ou seja, se realmente cumpre com a função de explicar e facilitar o uso das ferramentas existentes.	33% não consideraram o arquivo de ajuda intuitivo e de grande auxílio.
Encontre informações que possibilite entrar em contato com os desenvolvedores da IDE-Sisema.	A maioria assinalou que a tarefa foi cumprida, sem declarações qualitativas.

APÊNDICE E

Avaliação da consistência de domínio dos dados

Arquivo	Amostragem	Ac	Atributos	Tipo	% Nulo	% Inc.	Resultado Nulo	Resultado Inc.
Ottotrechos da bacia hidrográfica do Rio São Francisco	5	0	cotrecho nuareacont nunivotto dservao cobacia_50	real real real string string	0,00 0,00 0,00 0,00 0,00	0,00 0,00 0,00 0,00 0,00	Aprovado	Aprovado
Ottobacia do Rio Jequitinhonha	8	1	cobacia nooriginal nunivotto cotrecho dedonomini al noespecific shape_leng cocdadesa g	String Real Real Real String string real string	0,00 64,16 0,00 0,00 0,00 64,29 0,00 0,36	0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00	Reprovado	Aprovado
Compartilhamento do Relevo	5	0	leg_carga nm_unidad e forma cd_dominio ar_pol_km	string string string real real	0,00 0,00 9,01 0,00 0,00	0,00 0,00 0,00 0,00 0,00	Aprovado	Aprovado
Picos (IBGE)	Inconsistência de formato, que impossibilitou acesso aos atributos.						Reprovado	Reprovado
Malha Rodoviária de Minas Gerais	5	0	codigo_rod local_inic quilometra extensao jurisdicao	string string real real string	6,10 6,10 6,10 6,10 6,10	0,00 0,00 0,00 18,87 0,00	Aprovado	Reprovado
Usinas hidrelétricas	13	1	proprietario rio long_eixo_ fator_pot perd_hi_n na_nor_jus area_na_mi regul_men vazao_rem	string string string real real real real inteiro real	11,82 0,00 15,45 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00	0,00 0,00 0,00 0,00 24,55 95,45 0,00 0,00 98,18	Reprovado	Reprovado

			serie_vaza	string	94,55	0,00		
			cod_uph	real	0,00	0,00		
			data_atual	date	0,00	0,00		
			regulariza	string	96,36	0,00		
Percentual de tratamento do volume de esgoto coletado na área urbana	2	0	geocodigo	string	0,00	0,00	Aprovado	Aprovado
			vol_trat_e	string	0,00	0,00		
Estações de tratamento de esgoto	3	0	item	real	0,00	0,00	Aprovado	Aprovado
			supram	string	0,00	0,00		
			lat	real	0,00	0,00		
Aglomerados Rurais	2	0	nome	string	0,00	0,00	Aprovado	Aprovado
			fonte	string	0,00	0,00		
Rede altimétrica	8	1	estacao	string	0,00	0,00	Reprovado	Aprovado
			conex_gps	string	99,07	0,00		
			longitude	real	0,00	0,00		
			altgeom	string	99,07	0,00		
			medicaopla	string	0,00	0,00		
			sigmalt_rn	string	7,43	0,00		
			gravidade	string	83,52	0,00		
			altorto	real	0,00	0,00		
Municípios Minas Gerais	2	0	geocodigo	string	0,00	0,00	Aprovado	Aprovado
			leicriacao	string	0,00	0,00		
Áreas naturais e uso antrópico (MapBiomas – 2011)	Inconsistência de formato, que impossibilitou acesso aos atributos.						Reprovado	Reprovado
Mancha urbana de Minas Gerais 2005	2	0	area	real	0,00	0,00	Aprovado	Aprovado
			class_id	real	0,00	0,00		
Cobertura e uso da Terra (MapBiomas – 2019)	Inconsistência de formato, que impossibilitou acesso aos atributos.						Reprovado	Reprovado
Mapa de Solos de Minas Gerais	2	0	um_sequen	string	0,00	0,00	Aprovado	Aprovado
			c	string	0,00	0,00		
			shape_leng	real	0,00	0,00		
Índice de umidade	2	0	id_classif	real	0,00	0,00	Aprovado	Aprovado
			descricao	string	0,00	0,00		
Estruturas	3	0	estrutura	string	0,00	0,00	Aprovado	Aprovado
			mergulho	inteiro	0,00	0,00		
			nome	string	0,00	0,00		
Ocorrência natural - Amazona Amazonica	1	0	name	string	0,00	0,00	Aprovado	Aprovado
	2	0	geocodigo	string	0,00	0,00	Aprovado	Aprovado

Estimativa de população de cães e gatos			total	real	0,00	0,00		
Número de espécies catalogadas por município	2	0	leicriacao espcatalog	string real	0,00 0,00	0,00 11,72	Aprovado	Reprovado
Barragens	3	0	cnj alt_atua sit_est	string real string	0,00 0,00 0,00	0,31 0,00 0,00	Aprovado	Aprovado
Terras Indígenas	3	0	terrai_nom superficie undadm_no m	string real string	0,00 0,00 0,00	0,00 9,09 0,00	Aprovado	Aprovado
Rios de Preservação Permanente - Lei nº 15.082/2004	2	0	cocursodag legislacao	string string	0,00 0,00	0,00 0,00	Aprovado	Aprovado
Outorgas de direito de uso de recursos hídricos (Igam)	20	2	geocod_4 dtpub_4 codsubtre_ vazjan_4 vazjulh_4 tcapjan_4 tcapjun_4 dia_mar_4 dia_out_4 qdh_fev_4 qdh_ago_4 volacum3_ 4 profpc_4 diavenc_4 statusproc bacia_fede ato_cbh_ ent_vigent cobacia nunivotto	string string string real real real real real real string string real string real string string string string string string real	0,00 5,30 100,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 100,00 100,00 0,00 62,95 0,00 94,12 0,00 34,72 0,00 0,00 0,00 0,00	0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00	Reprovado	Aprovado
Estações pluviométricas	8	1	rio areadrenk latitude sedimentos climatolo sedinicio	string string real string string string	0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00	100,00 99,40 0,00 0,00 0,00 100,00	Aprovado	Reprovado

			evaporini	string	0,00	92,58		
			operando	string	0,00	0,00		
Diagnóstico - Fatores de pressão ambiental	8	1	areia_casc	real	0,00	0,00	Aprovado	Aprovado
			licencas	real	0,00	0,00		
			denuncias	real	0,00	0,00		
			aqui_conve	real	0,00	0,00		
			pivos	real	0,00	0,00		
			soma_hexa	real	0,00	0,00		
			daia	real	0,00	0,00		
			supram	string	0,00	0,00		
Integridade da fauna	2	0	gridcode	real	0,00	0,00	Aprovado	Aprovado
			indicador	string	0,00	0,00		
Viabilidade de regularização	5	0	qmid	real	0,00	0,00	Aprovado	Aprovado
			peq_ih	real	0,00	0,00		
			qoutorg	real	0,00	0,00		
			viabregq	real	0,00	0,00		
			situ_dispo	string	0,00	0,00		
Bacias prioritárias para elaboração de AAI	3	0	nome	string	0,00	0,00	Aprovado	Aprovado
			area_al_	real	0,00	0,00		
			rec_final	real	0,00	0,00		
Padrões de correlação espacial para o resultado global (2022)	13	1	area	real	0,00	0,00	Aprovado	Aprovado
			pmsb	string	0,00	0,00		
			consema_n	real	0,00	0,00		
			consagua	string	2,11	0,00		
			decretoh	string	0,00	0,00		
			interven	string	0,00	0,00		
			coleteurb	real	0,00	0,00		
			traturb_n	string	0,00	0,00		
			colselet	string	0,00	0,00		
			psa_n	real	0,00	0,00		
			faixasglob	string	0,00	0,00		
			icmssan	string	0,00	0,00		
			moranexec	global	0,00	0,00		
Impactos Ambientais	2	0	classe	Inteiro	0,00	0,00	Aprovado	Aprovado
			descricao	String	0,00	0,00		
Ações do setor produtivo	5	0	razao_soc	string	0,00	0,00	Reprovado	Aprovado
			municipio	string	0,00	0,00		
			descricao	string	0,00	0,00		
			publi_alv	string	27,27	0,00		
			resultado	string	18,18	0,00		

APÊNDICE F

Avaliação da consistência topológica dos dados

Camadas	Tipo	Nº Inc	Total	%	Resultado
Ottobacia do Rio Jequitinhonha	Pol.	0	95303	0,00	Aprovado
Ottotrechos da bacia hidrográfica do Rio São Francisco	Linha	0	260609	0,00	Aprovado
Compartilhamento do Relevo	Pol.	3	6404	0,05	Aprovado
Picos (IBGE)	Pol.	Impossibilidade de acesso aos dados.			Reprovado
Malha Rodoviária de Minas Gerais	Linha	411	3444	11,93	Reprovado
Usinas hidrelétricas	Pto	0	110	0,00	Aprovado
Percentual de tratamento do volume de esgoto coletado na área urbana	Pol.	0	853	0,00	Aprovado
Estações de tratamento de esgoto	Pol.	0	207	0,00	Aprovado
Aglomerados Rurais	Pto	0	2268	0,00	Aprovado
Rede altimétrica	Pto	0	8497	0,00	Aprovado
Municípios Minas Gerais	Pol.	7	853	0,82	Aprovado
Áreas naturais e uso antrópico (MapBiomias – 2011)	Pol.	Impossibilidade de acesso aos dados.			Reprovado
Mancha urbana de Minas Gerais 2005	Pol.	69	1790	3,85	Aprovado
Cobertura e uso da Terra (MapBiomias – 2019)	Pol.	Impossibilidade de acesso aos dados.			Reprovado
Mapa de Solos de Minas Gerais	Pol.	10	3386	0,30	Aprovado
Índice de umidade	Pol.	2	430	0,47	Aprovado
Estruturas	Linha	0	1873	0,00	Aprovado
Ocorrência natural - Amazona Amazônica	Pol.	1	1	100,00	Reprovado
Estimativa de população de cães e gatos	Pol.	0	853	0,00	Aprovado
Número de espécies catalogadas por município	Pol.	2	853	0,23	Aprovado
Barragens	Pto	0	639	0,00	Aprovado
Terras Indígenas	Pol.	2	11	18,18	Reprovado
Rios de Preservação Permanente - Lei nº 15.082/2004	Pol.	0	30906	0,00	Aprovado
Outorgas de direito de uso de recursos hídricos (Igam)	Pto	0	50592	0,00	Aprovado
Estações pluviométricas	Pto	0	1509	0,00	Aprovado
Diagnóstico - Fatores de pressão ambiental	Pol.	40	3205	1,25	Aprovado
Integridade da fauna	Pol.	5	395	1,27	Aprovado
Viabilidade de regularização	Linha	0	3843	0,00	Aprovado
Bacias prioritárias para elaboração de AAI	Pol.	1	83	1,20	Aprovado
Padrões de correlação espacial para o resultado global (2022)	Pol.	0	853	0,00	Aprovado
Impactos Ambientais	Pol.	0	2	0,00	Aprovado
Ações do setor produtivo	Pol.	4	11	36,36	Reprovado

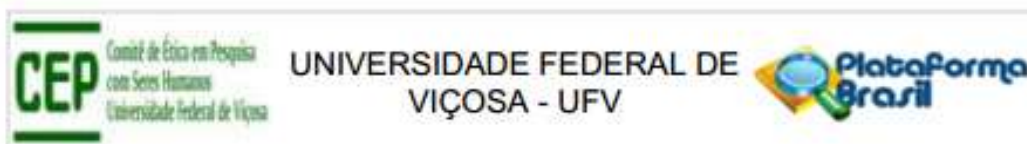
APÊNDICE G

Avaliação da consistência conceitual de elementos obrigatórios e consistência de domínio dos metadados

Metadado	C.C de elementos obrigatórios		C.D dos elementos	
	Elementos não considerados	%	Elementos com Inconsistência	%
ZAP - ribeirão Olhos D'água - Áreas conservadas e antropizadas	Data de Criação, Descrição Extensão Geográfica, Idioma, Caracteres, Papel desempenhado	10,9		0
Potencialidade de ocorrência de cavidades	Data de Criação e Descrição Extensão Geográfica	4,3		0
Localização das estações de transbordo de resíduos	Data de Criação, Descrição Extensão Geográfica e Resolução Espacial	6,5		0
Base Hidrográfica Ottocodificada do rio São Mateus	Data de Criação e Descrição Extensão Geográfica	4,3		0
Mesorregiões	Data de Criação, Descrição Extensão Geográfica e Propósito	6,5	Linhagem	2,2
Imóveis escriturados em nome do IEF em Unidades de Conservação Estaduais	Data de Criação, Descrição Extensão Geográfica, Propósito e Resolução Espacial	8,7		0
Cobertura e uso da terra de Minas Gerais em 2020	Data de Criação e Descrição Extensão Geográfica	4,3		0
Instalações portuárias	Data de Criação, Descrição Extensão Geográfica e Resolução Espacial	6,5	Datum	2
Mapa altimétrico de Minas Gerais	Data de Criação, Descrição Extensão Geográfica e Propósito	6,5		0
Risco à erosão e movimento de massa	Data de Criação, Descrição Extensão Geográfica e Telefone	6,5	Resumo e Linhagem	4
Monitoramento ambiental da bacia do rio Paraopeba	Data de Criação, Descrição Extensão Geográfica, Propósito e Resolução Espacial	8,7	Linhagem	2
Fusos UTM	Data de Criação, Descrição Extensão Geográfica e Resolução Espacial	6,5		0
Diagnóstico - Fatores de pressão ambiental (2022)	Data de Criação, Descrição Extensão Geográfica e Resolução Espacial	6,5		0
Inventário Florestal de Minas Gerais	Data de Criação e Descrição Extensão Geográfica	4,3		0
Programas de Educação Ambiental (PEA - DN 214/2017)	Data de Criação, Descrição Extensão Geográfica, Propósito e Resolução Espacial	8,7		0
Povoados	Data de Criação, Descrição Extensão Geográfica,	8,7		0

	Propósito e Resolução Espacial			
Número de animais castrados por município através de convênios	Data de Criação, Descrição Extensão Geográfica, Propósito e Resolução Espacial	8,7		0
Usinas hidrelétricas (UHEs)	Data de Criação, Descrição Extensão Geográfica, Propósito e Resolução Espacial	8,7	Linhagem	1
Áreas contaminadas e reabilitadas	Data de Criação, Descrição Extensão Geográfica, Propósito e Resolução Espacial	8,7		0
Estações de monitoramento da qualidade do ar	Data de Criação, Descrição Extensão Geográfica, Propósito e Resolução Espacial	8,7		0

ANEXO 1



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DOS ELEMENTOS DE QUALIDADE CARTOGRÁFICA, USABILIDADE E CONSISTÊNCIA LÓGICA, EM INFRAESTRUTURAS DE DADOS ESPACIAIS

Pesquisador: AFONSO DE PAULA DOS SANTOS

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 58239822.4.0000.5153

Instituição Proponente: Departamento de Engenharia Civil

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.421.637

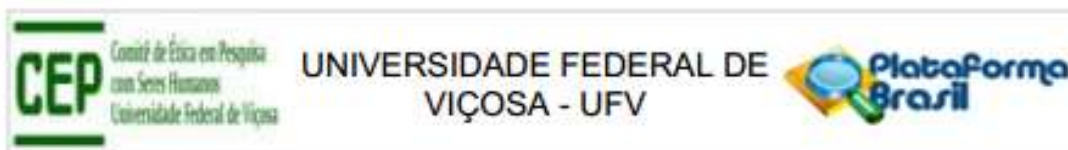
Apresentação do Projeto:

O presente protocolo foi enquadrado como pertencente à Área Temática: Ciências Sociais e Humanas

As informações elencadas nos campos "Apresentação do Projeto", "Objetivo da Pesquisa" e "Avaliação dos Riscos e Benefícios" foram retiradas do arquivo Informações Básicas da Pesquisa (PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1934519) e/ou do Projeto Detalhado:

1. RESUMO: Uma Infraestrutura de Dados Espaciais (IDE) é uma plataforma que permite o compartilhamento de informações espaciais, através de padrões e políticas bem definidas entre os envolvidos. Uma IDE tem o intuito de tornar pública as informações existentes para que essas possam ser reutilizadas, promovendo a economia de recursos e aumentando a vida útil dos dados geoespaciais. No entanto, para que uma IDE atinja seus propósitos é necessário que ela possua qualidade cartográfica, seja eficaz e eficiente. Para avaliar dados e produtos geoespaciais existem os elementos de qualidade cartográfica. Este estudo tem como objetivo propor metodologias para avaliar nas IDE os elementos usabilidade e consistência lógica; e aplicar as metodologias propostas, avaliando a infraestrutura da IDE-Sisema. A usabilidade possibilita avaliar se o sistema em análise atende as requisições do usuário de forma

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes
 Bairro: Campus Universitário CEP: 36.570-977
 UF: MG Município: VICOSA
 Telefone: (31)3612-2316 E-mail: cep@ufv.br



Continuação do Parecer: 5.421.637

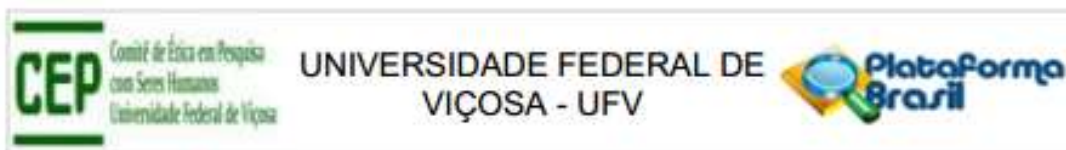
eficaz e eficiente. Esta pode ser avaliada através de métodos empíricos, como aplicação e análise de questionários, análise de tarefas a serem executadas pelos usuários e também através de métodos menos subjetivos, como a utilização

das heurísticas de usabilidade. Para avaliar a usabilidade, foi proposto o questionário HEUA-SDI, onde por meio de tarefas os usuários podem avaliar se a IDE em análise atende as heurísticas de usabilidade. Este método possibilita determinar métricas de usabilidade e colher informações a respeito da satisfação dos usuários, levantando os principais problemas e possíveis soluções. A consistência lógica permite avaliar o nível de conformidade entre o produto cartográfico em análise e os requisitos tecnológicos definidos na sua concepção. A consistência lógica é subdividida em quatro elementos: consistência conceitual, consistência de domínio, consistência de formato e consistência topológica. Será proposta uma metodologia que possibilite a avaliação dos quatro subelementos da consistência lógica e que empregue análises de amostragem, para definir

limites que permitam concluir o nível de qualidade cartográfica atingido pela IDE em análise. No desenvolvimento deste trabalho espera-se também, avaliar e propor melhorias para a IDE-Sisema, a partir da aplicação das metodologias propostas.

2. METODOLOGIA: Para o desenvolvimento deste trabalho, inicialmente é necessário a revisão de literatura analisando as metodologias existentes para a avaliação da usabilidade e da consistência lógica em Geoportais e Infraestruturas de Dados Espaciais (IDE). Para avaliação da usabilidade foi proposto um método contemplando a visão do usuário e as heurísticas de usabilidade para avaliar uma IDE. O método proposto, denominado HEUA-SDI, permite avaliar a usabilidade de uma IDE, por meio da aplicação de um questionário, onde os usuários realizando tarefas, avaliam se a IDE satisfaz as heurísticas de usabilidade, propostas por Nielsen. Este método permite avaliar quantitativamente, por meio de métricas, a eficiência e eficácia da IDE, e qualitativamente, avalia a satisfação dos usuários, pois nas tarefas não executadas, o usuário deverá relatar os problemas ocorridos e possíveis soluções. É proposto a aplicação do questionário de forma remota, para considerar a realidade de equipamentos e rede de acesso dos usuários, além de possibilitar a abrangência a um maior número de participantes. Em relação a consistência lógica serão feitas pesquisas para definir uma metodologia que contemple os quatro subelementos, consistência conceitual, consistência de domínio, consistência de formato e consistência topológica. Serão analisadas normas que definem processos de amostragem e níveis de aceitação, como a ISO 19157 – 2013, para definir limites que permitam concluir o padrão de

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes
 Bairro: Campus Universitário CEP: 36.570-977
 UF: MG Município: VICOSA
 Telefone: (31)3612-2316 E-mail: cep@ufv.br



Continuação do Parecer: 5.421.637

qualidade atingido pela IDE.

Na avaliação da consistência topológica serão consideradas formas automáticas de validação de topologia e geração de relatórios, que permitam avaliar junto as normas de amostragem e níveis de aceitação, se as informações disponibilizadas pela IDE atendem um nível de qualidade aceitável. Definidas as metodologias, essas serão aplicadas à IDE-Sisema, com o intuito de avaliar a qualidade da infraestrutura, para proposição de melhorias. Na avaliação da usabilidade da IDE-Sisema será aplicada uma adaptação do questionário HEUA-SDI, considerando as particularidades da infraestrutura, quais camadas e pesquisas deverão ser realizadas. A avaliação da consistência lógica será desenvolvida por análises computacionais dos dados espaciais compartilhados, na avaliação deste elemento de qualidade cartográfica não serão aplicados questionários nem realizadas consultas a opiniões dos usuários.

3. HIPÓTESES: É viável a proposição de um método para avaliar a consistência lógica de uma IDE como um todo, considerando os quatro subelementos, consistência conceitual, consistência de formato, consistência de domínio e consistência topológica, tendo como base as definições da ET-CQDG. É possível o desenvolvimento de um método único que possibilite avaliar a usabilidade de uma IDE considerando a subjetividade da satisfação dos usuários e também a eficácia e eficiência de maneira quantitativa. É viável aplicar as metodologias apresentadas neste trabalho para avaliação da qualidade da IDE-Sisema, para diagnosticar essa infraestrutura e propor melhorias.

4. CRITÉRIOS DE INCLUSÃO/EXCLUSÃO:

Critério de inclusão: Usuários do programa proposto (IDE-Sisema) para estudo de infraestrutura.

Crítérios de exclusão: Aqueles que não atendem aos critérios de inclusão descritos no projeto.

Objetivo da Pesquisa:

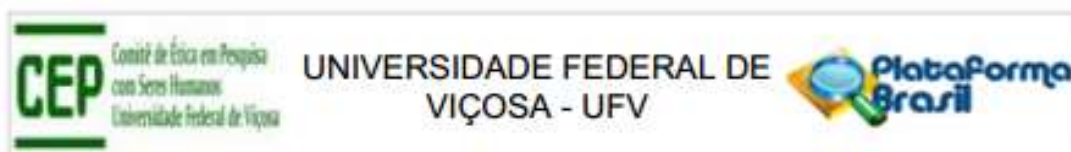
De acordo com os pesquisadores,

Objetivo primário:

O objetivo principal deste trabalho é propor metodologias para avaliação dos elementos de qualidade cartográfica, usabilidade e consistência lógica, em Infraestruturas de Dados Espaciais.

Objetivo secundário:

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes
 Bairro: Campus Universitário CEP: 36.570-977
 UF: MG Município: VICOSA
 Telefone: (31)3612-2316 E-mail: cep@ufv.br



Continuação do Parecer: 5.421.637

- 1- Propor a combinação de modelo empírico e aplicação de heurísticas para avaliação da usabilidade em IDE;
- 2- Propor metodologias para avaliação em IDE dos quatro subelementos da consistência lógica: consistência conceitual, consistência de domínio, consistência de formato e consistência topológica;
- 3- Aplicar as metodologias propostas na avaliação da IDE-Sisema.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os pesquisadores apresentam no formulário online da Plataforma os seguintes Riscos:

Os riscos envolvidos na pesquisa consistem no objetivo de avaliar a usabilidade da IDE-SISEMA, onde os participantes responderão a um questionário em que "os participantes podem se sentir intimidados e/ou cansados, dado a quantidade de perguntas do questionário. Para abrandar estes riscos será assegurado que o entrevistado não é obrigado a responder questões com as quais se sinta desconfortável e podem interromper a solução do questionário em qualquer momento".

E os seguintes Benefícios:

A pesquisa contribuirá para "avaliação da atual situação da usabilidade da IDE-Sisema, identificando os problemas e possíveis soluções". "Ao identificar os problemas de usabilidade e possíveis soluções, serão propostas melhorias para IDE-Sisema, que a tornarão mais eficaz, eficiente e condizente com o que é esperado pelos usuários ao acessarem e utilizarem os serviços desta infraestrutura, no entanto, não há benefícios diretos a curto prazo para os participantes".

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Os pesquisadores propõem propor metodologias para avaliação dos elementos de qualidade cartográfica, usabilidade e consistência lógica, em Infraestruturas de Dados Espaciais. Para isso, os pesquisadores pretendem realizar uma revisão de literatura analisando as metodologias existentes para a avaliação da usabilidade e da consistência lógica em Geoportais e Infraestruturas de Dados Espaciais (IDE). Para avaliação da usabilidade foi proposto um método contemplando a

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes
 Bairro: Campus Universitário CEP: 36.570-977
 UF: MG Município: VICOSA
 Telefone: (31)3612-2316 E-mail: cep@ufv.br



Continuação do Parecer: 5.421.857

visão do usuário e as heurísticas de usabilidade para avaliar uma IDE. O método proposto, denominado HEUA-SDI, permite avaliar a usabilidade de uma IDE, por meio da aplicação de um questionário, onde os usuários realizando tarefas, avaliam se a IDE satisfaz as heurísticas de usabilidade, propostas por Nielsen. Este método permite avaliar quantitativamente, por meio de métricas, a eficiência e eficácia da IDE, e qualitativamente, avalia a satisfação dos usuários, pois nas tarefas não executadas, o usuário deverá relatar os problemas ocorridos e possíveis soluções. É proposto a aplicação do questionário de forma remota, para considerar a realidade de equipamentos e rede de acesso dos usuários, além de possibilitar a abrangência a um maior número de participantes. Em relação a consistência lógica serão feitas pesquisas para definir uma metodologia que contemple os quatro subelementos, consistência conceitual, consistência de domínio, consistência de formato e consistência topológica. Serão analisadas normas que definem processos de amostragem e níveis de aceitação, como a ISO 19157 – 2013, para definir limites que permitam concluir o padrão de qualidade atingido pela IDE. Na avaliação da consistência topológica serão consideradas formas automáticas de validação de topologia e geração de relatórios, que permitam avaliar junto as normas de amostragem e níveis de aceitação, se as informações disponibilizadas pela IDE atendem um nível de qualidade aceitável. Definidas as metodologias, essas serão aplicadas à IDE-Sisema, com o intuito de avaliar a qualidade da infraestrutura, para proposição de melhorias. Na avaliação da usabilidade da IDE-Sisema será aplicado uma adaptação do questionário HEUA-SDI, considerando as particularidades da infraestrutura, quais camadas e pesquisas deverão ser realizadas. A avaliação da consistência lógica será desenvolvida por análises computacionais dos dados espaciais compartilhados, na avaliação deste elemento de qualidade cartográfica não serão aplicados questionários nem realizadas consultas a opiniões dos usuários. Os pesquisadores pretendem coletar os dados da pesquisa entre junho e setembro de 2022.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

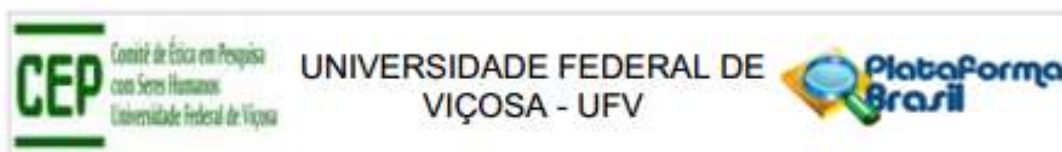
Considerações sobre os documentos apresentados pelo pesquisador:

Os documentos estão de acordo com as recomendações sobre pesquisas com seres humanos, baseados nas Resoluções 466/12 e 510/16 do Conselho Nacional de Saúde.

Recomendações:

1- Quando da coleta de dados, o TCLE deve ser elaborado em duas vias, rubricado em todas as

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes
 Bairro: Campus Universitário CEP: 36.570-977
 UF: MG Município: VICOSA
 Telefone: (31)3612-2316 E-mail: cep@ufv.br



Continuação do Parecer: 5.421.637

suas páginas e assinado, ao seu término, pelo convidado a participar da pesquisa ou responsável legal, bem como pelo pesquisador responsável, ou pessoa(s) por ele delegada(s), devendo todas as assinaturas constar na mesma folha.

2- Não é necessário apresentar os TCLEs assinados ao CEP/UFV. Uma via deve ser mantida em arquivo pelo pesquisador e a outra é do participante da pesquisa.

3- Os pesquisadores precisam apresentar enumerar as páginas do TCLE e apresentá-lo junto ao relatório final.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Aprovado.

Considerações Finais a critério do CEP:

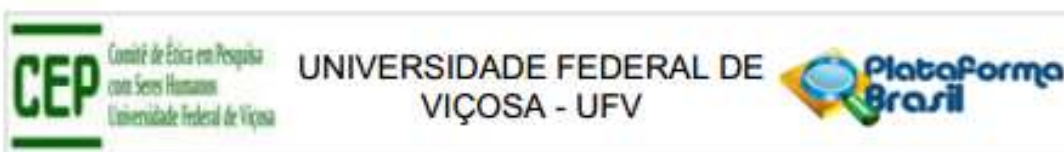
Ao término da pesquisa é necessário apresentar, via notificação, o Relatório Final (modelo disponível no site www.cep.ufv.br). Após ser emitido o Parecer Consubstanciado de aprovação do Relatório Final, deve ser encaminhado, via notificação, o Comunicado de Término dos Estudos para encerramento de todo o protocolo na Plataforma Brasil.

Projeto aprovado autorizando o início da coleta de dados com os seres humanos a partir da data de emissão deste parecer.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1934519.pdf	27/04/2022 15:19:36		Aceito
Cronograma	Cronograma.pdf	27/04/2022 15:18:28	AFONSO DE PAULA DOS SANTOS	Aceito
Recurso Anexado pelo Pesquisador	Questionario_Usabilidade_IDESisema.docx	27/04/2022 15:18:08	AFONSO DE PAULA DOS SANTOS	Aceito
Folha de Rosto	folhaDeRosto_assinado.pdf	20/04/2022 15:21:37	AFONSO DE PAULA DOS SANTOS	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Doutorado_Priscila.docx	20/04/2022 14:34:41	AFONSO DE PAULA DOS SANTOS	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_analise_usabilidade.docx	20/04/2022 14:33:27	AFONSO DE PAULA DOS SANTOS	Aceito

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes
 Bairro: Campus Universitário CEP: 36.570-977
 UF: MG Município: VICOSA
 Telefone: (31)3612-2316 E-mail: cep@ufv.br



Continuação do Parecer: 5.421.637

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

VICOSA, 20 de Maio de 2022

Assinado por:

**Guilherme de Azambuja Pussieldi
(Coordenador(a))**

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes
Bairro: Campus Universitário CEP: 36.570-977
UF: MG Município: VICOSA
Telefone: (31)3612-2316 E-mail: cep@ufv.br