



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
MESTRADO PROFISSIONAL EM REDE NACIONAL EM
GESTÃO E REGULAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



Felipe Ribeiro Floriano Borges

ELABORAÇÃO DO APLICATIVO SIG-WEB PARA DISPONIBILIZAÇÃO DE
DADOS DA INICIATIVA RIO VIVO NO CBH-PIRANGA



Itabira 2021





UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
MESTRADO PROFISSIONAL EM REDE NACIONAL EM GESTÃO E
REGULAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

Felipe Ribeiro Floriano Borges

**ELABORAÇÃO DO APLICATIVO SIG-WEB PARA DISPONIBILIZAÇÃO DE
DADOS DA INICIATIVA RIO VIVO NO CBH-PIRANGA**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Itajubá -
UNIFEI Campus Itabira como
requisito parcial para obtenção do
título de Mestre, ao programa de
Pós-Graduação em Gestão e
Regulação de Recursos Hídricos –
PROFÁGUA.

Área de concentração:

Instrumentos da Política de
Recursos Hídricos

Orientadora:

Prof. Dra. Eliane Maria Vieira

Itabira

2021



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
MESTRADO PROFISSIONAL EM REDE NACIONAL EM GESTÃO E REGULAÇÃO
DE RECURSOS HÍDRICOS

Felipe Ribeiro Floriano Borges

ELABORAÇÃO DO APLICATIVO SIG-WEB PARA DISPONIBILIZAÇÃO DE
DADOS DA INICIATIVA RIO VIVO NO CBH-PIRANGA

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI, Campus Itabira como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – PROFÁGUA. Área de concentração: Instrumentos da Política de Recursos Hídricos.

Aprovada em 16 de dezembro de 2021.

Banca Examinadora:

Prof.^a Dr.^a Eliane Maria Vieira (Orientadora)
Instituto de Ciências Puras e Aplicadas - UNIFEI

Prof. Dr. José Augusto Costa Gonçalves
Instituto de Ciências Puras e Aplicadas – UNIFEI

Prof. Dr. Rafael Montanari
Faculdade de Engenharia - Campus de Ilha Solteira – UNESP

Itabira
2021

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA pelo apoio técnico científico aportado até o momento. Agradeço a professora Dra. Eliane Maria Viera pela dedicação em me orientar nesta pós-graduação. Agradeço a Bruna Gonçalves de Souza por todo apoio nesse percurso feito até aqui, seja me ajudando com minha escrita, seja ouvindo minhas angústias, ideias e questionamentos. Agradeço também a Dona Marli de Souza, por todo o apoio com ajudas básicas, com as conversas - mesmo que raras da minha parte - bem como a estadia para cursar disciplinas no Rio. Agradeço a minha mãe por ter me incentivado durante a infância a sempre buscar nos estudos uma esperança para um futuro melhor. Agradeço por todo amor e carinho que recebo de meus familiares.

O presente trabalho foi realizado com apoio da coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, agradeço também ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – PROFÁGUA, Projeto CAPES/ANA AUXPE Nº. 2717/2015, pelo apoio técnico científico aportado até o momento

RESUMO

BORGES, Felipe Ribeiro Floriano. **Elaboração do aplicativo SIG-WEB para disponibilização de dados da iniciativa Rio Vivo no CBH-Piranga**. 2021. 234 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – PROFÁGUA), Instituto de Ciências Puras e Aplicadas, Universidade Federal de Itajubá, Campus de Itabira, Minas Gerais, 2021.

A gestão de recursos hídricos do Brasil enfrenta diversos tipos de barreiras. Entres estas, encontra-se a de fluxo das informações entre os entes do sistema. O comitê de bacia hidrográfica, por muitas vezes, não possui acesso livre a informações de programas e investimentos de forma rápida e disponibilizada a qualquer tempo. Mediante a esta condição atual, torna-se preponderante que sejam implementadas medidas que contribuam na transparência do sistema. Uma forma de atingir este objetivo, é por meio do desenvolvimento de tecnologias da informação, como os mapas dispostos na *web*. Portanto, é objetivo deste trabalho o desenvolvimento de um aplicativo de Sistema de Informações Geográficas (SIG) para a disponibilização de dados de programas ambientais executados na bacia do rio Piranga, um *web GIS*. Para atingir este objetivo, foram solicitados os dados captados e desenvolvidos pela iniciativa Rio Vivo, que foi executada a partir de 2017. As informações trabalhadas, neste estudo, são as de diagnósticos ambientais aplicados em cerca de 884 unidades rurais em oito municípios da bacia do rio Piranga. Para criar a plataforma, foi escolhido o sistema WebApp Builder, do ArcGis *Online*. Para garantir a qualidade de interpretação dos dados foram aplicados os marcos teóricos da cartografia temática e da medida de usabilidade por meio da ISO NBR 9241-11 de 2002. Por fim, foram aplicados testes de uso com 24 participantes que experimentaram a qualidade de três versões do produto. Além de submeter as versões do web GIS à uma amostra de usuários, foram realizados testes não baseados na experiência dos usuários, que foram os de complexidade visual, por contagem de elementos com cores diversas e o de contraste – feito por meio do aplicativo Adobe Color. Como resultado dos testes com os participantes, obteve-se o feedback de cada usuário, permitindo realizar uma melhoria baseada em sua experiência. Além disto, a metodologia proporcionou uma medida que auxiliou na escolha da melhor versão entre as três inicialmente desenvolvidas, que foi a versão 02, que teve o melhor desempenho de usabilidade (UX) entre todas as demais, onde alcançou 3.82/5 pontos na eficiência, 3.81/5 na eficácia e 4.51/5 na satisfação, totalizando 4.12 pontos de cinco na métrica. Quando analisada a complexidade visual das três versões de teste do web GIS, produziu-se os seguintes resultados: a versão mais complexa entre as submetidas ao método foi a versão 01 (0,22 pontos), que teve o valor de desempenho da análise não baseada nos usuários (An) menor das três (4,78), enquanto as versões 02 e 03 tiveram valores semelhantes (4,87). A primeira versão teve a maior complexidade visual devido a decisão de optar por um layout com mais elementos gráficos com diferentes cores e também por ter todas as camadas já ativadas no mapa quando ela se inicia. A análise não baseada nos usuários

demonstrou que há uma interação entre a experiência dos participantes e a complexidade medida pela metodologia adotada. Ou seja, o maior valor da experiência do usuário coincidiu com a versão menos complexa visualmente. Foi proposto um plano de manutenção para o web GIS, e elaborado um tutorial para facilitar o seu emprego. Por fim, o presente trabalho produziu um aplicativo de fácil manuseio que permite o usuário consultar informações que foram produzidas pela iniciativa Rio Vivo e ainda produzir novos dados dentro da plataforma. Com a ferramentas disponibilizadas, o usuário pode ir a campo e coletar dados de localização e ainda convertê-las para diferentes projeções cartográficas. O interessado na plataforma ainda pode realizar medições em propriedades rurais ou demais regiões e territórios com a ferramenta de medição, podendo aferir distâncias, áreas e pontos. Ademais, o *web map* gerado ainda pode ser utilizado em diversas outras aplicações que podem ser criadas ou incorporá-lo com as camadas como serviço. Espera-se que os resultados e produtos desta dissertação venham a ter impacto no sistema de recursos hídricos, no que tange a transparência sobre as informações geradas pelas ações de programas ambientais na bacia do rio Doce.

Palavras-chave: gestão de recursos hídricos, web gis; web map; governança; rio Doce.

ABSTRACT

BORGES, Felipe Ribeiro Floriano. **Web-Gis Elaboration to Provide Data From the Rio Vivo Initiative at CBH-Piranga**. 2021. 234 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – PROFÁGUA), Instituto de Ciências Puras e Aplicadas, Universidade Federal de Itajubá, Campus de Itabira, Minas Gerais, 2021

The Brazilian management of water resources faces different types of barriers. Among these, there is the flow of information between the entities of the system. For several times, rivers basin committees do not have free access to information on programs and investments in a quick and available way at any time. Given this current condition, measures must be taken to contribute to the transparency of the system. One way to achieve this goal is through the development of information technologies, such as maps displayed on the web. Therefore, the objective of this work is the development of a Geographic Information System (GIS) application for the provision of data from environmental programs executed in the Piranga river basin. In this sense, the Rio Vivo collected data, which was carried out from 2017 onwards, was requested. To create the platform, the WebApp Builder system, from ArcGis Online, was chosen. To ensure the quality of data interpretation, the theoretical frameworks of thematic cartography and the usability measure were applied through ISO NBR 9241-11 of 2002. Finally, use tests were applied with 24 participants who experienced the quality of three versions of the product. In addition to submitting the web GIS versions to a sample of users, tests were performed that were not based on the users' experience, which was visual complexity, by counting elements with different colors and contrast - carried out using the Adobe Color application. As a result of the tests with the participants, feedback from each user was obtained, allowing for an improvement based on their experience. In addition, the methodology provided a measure that helped in choosing the best version among the three initially developed, which was version 02, which had the best usability performance (UX) among all others, reaching 3.82/5 points in efficiency, 3.81/5 at effectiveness, and 4.51/5 in satisfaction, totaling 4.12 points out of five in the metric. When analyzing the visual complexity of the three web GIS test versions,

the following results were produced: the most complex version among those submitted to the method was version 01 (0.22 points), which had the performance value of the analysis not based on users (A_n) lower of the three (4.78), while versions 02 and 03 had similar values (4.87). The first version had the greatest visual complexity due to the decision to opt for a layout with more graphic elements with different colors and also to have all the layers already activated in the map when it starts. The analysis not based on users showed that there is an interaction between the participants' experience and the complexity measured by the adopted methodology. That is, the greatest user experience value coincided with the less visually complex version. A maintenance plan for the web GIS was proposed, and a tutorial was prepared to facilitate its use. Finally, the present work produced an easy-to-use application that allows the user to consult the information that was produced by the Rio Vivo initiative and also produce new data within the platform. With the tools available, the user can go into the field and collect location data and even convert them to different cartographic projections. Anyone interested in the platform can also be carried out on rural properties or in other regions and territories with a measurement tool, which can measure distances, areas, and points. Furthermore, the generated web map can still be used in various applications that can be transformed or incorporated into it with layers as a service. It is expected that the results and products of this dissertation will have an impact on the water resources system, about the transparency of the information generated by the actions of environmental programs in the Doce River basin.

Keywords: water resource management, web gis; web map; governance; rio Doce

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Limite da bacia do rio Piranga.....	29
Figura 2– Sistema espacial CIELUV	47
Figura 3 – Organograma do processo de construção do mapa	49
Figura 4 - Diagrama do processo de produção cartográfica	50
Figura 5 – Metodologia de avaliação da ISO 9241-11:2002	51
Figura 6 – Fluxograma de aplicação da análise de usabilidade	52
Figura 7 - Tela inicial do MapViewer	61
Figura 8 - Página do ArcGIS Online: Seção de Meu Conteúdo.....	62
Figura 9 - Botão de adicionar dados no MapViewer.....	62
Figura 10 - Camada pesquisada no menu de pesquisar por camadas	63
Figura 11 - Menu de conteúdo do web map no Map Viewer	63
Figura 12 - Opções de configuração da camada e o botão alterar estilo	64
Figura 13 - Configurações de alteração de estilo da camada	64
Figura 14 - Tela da ferramenta de acessibilidade Adobe Color.....	67
Figura 15 - Exemplo de Saída do Adobe Color	67
Figura 16 - Tela do Adobe Color para a função de proporção de contraste.....	79
Figura 17 - Situações de análises de contraste no Adobe Colors	80
Figura 18 - Uso do Solo - Combinações das IDs com Códigos Hexadecimais	86
Figura 19 - Recarga Hídrica - Combinações das IDs com Códigos Hexadecimais	87
Figura 20 - Forma de Tratamento - Combinações das IDs com Códigos Hexadecimais.....	87
Figura 21 - Comparação entre os mapas.....	90
Figura 22 - Esquema dos painéis da versão 01	91
Figura 23 - <i>Widgets</i> de contadores na versão 01	92
Figura 24 - <i>Widgets</i> de Infográficos da versão 01	93
Figura 25 - Widget de Infográfico para a camada de Processo Erosivos da versão 01	94
Figura 26 - Versão 01 do <i>web-GIS</i>	94
Figura 27 - Visualização inicial do mapa da versão 01	95
Figura 28 - Controlador da barra de âncora	96
Figura 29 - <i>Widgets</i> de infográficos da versão 02	96
Figura 30 - <i>Widget</i> de consulta.....	97

Figura 31 - <i>Widget</i> de “Consulta_2”	98
Figura 32 - Tela inicial da Versão 02.....	98
Figura 33 - Lista de camada da versão 03	99
Figura 34 - Widgets de adicionar dados, programas P12 e P42 da versão 03	100
Figura 35 - Widgets de adicionar dados, programas P52 e Dados Gerais da versão 03.....	100
Figura 36 - Nível de educação dos participantes	103
Figura 37 - Relação dos participantes da pesquisa com a gestão de recursos hídricos.....	103
Figura 38 - Experiência dos usuários com SIGs	104
Figura 39 - Distribuição de frequência das ações do usuário 20.....	119
Figura 40 - Frequência das ações realizadas pelo usuário 02 na Tarefa C ...	121
Figura 41 - Frequência das ações realizadas pelo usuário 07 na Tarefa C ...	121
Figura 42 - Camadas de nascentes, captação de água e lançamento de esgoto na versão 01.....	126
Figura 43 - Coleta de cores na ferramenta da Adobe	134
Figura 44 - Comparação entre a versão 01 e versão final	140
Figura 45 - Widget com links de downloads das camadas.....	142
Figura 46 - Menu de barra de ancoragem: ícone de ajuda (tutorial)	143
Figura 47 - Janela com o texto de ajuda.	143
Figura 48 - Tela inicial da versão final.....	145
Figura 49 - Widgets de infográficos da versão final.....	146
Figura 50 - Contadores da versão final	146
Figura 51 - Camada de Nascentes: Índice de aprovação da proporção de contraste.....	149
Figura 52 - Gráfico de mosaico da aprovação da camada de nascentes em relação as camadas de fundo	149
Figura 53 - Camada de nascentes sobreposta a de Ordem de Priorização...	150
Figura 54 - Pontos de nascentes sobrepostos na camada de polígono da Recarga Hídrica	151
Figura 55 - Camada de nascentes sobreposta a de Uso do Solo	153
Figura 56 - Alterações de cores na camada Nascentes.....	155
Figura 57 - Alterações de cores na camada de Nascentes.....	155

Figura 58 - Comparação do Índice da aprovação de contraste antes e depois das alterações.....	157
Figura 59 - Camada de Enxurrada: Índice de aprovação da proporção de contraste.....	158
Figura 60 - Camada de Enxurrada sobreposta a de Forma de Tratamento...	159
Figura 61 - Contraste das cores de fundo e borda na camada de Enxurrada	160
Figura 62 - Camada de Enxurrada sobreposta a de Forma de Tratamento...	161
Figura 63 - Camada de Erosão: Índice de aprovação da proporção de contraste	162
Figura 64 - Gráfico de mosaico da aprovação da camada de Erosão em relação as camadas de fundo	163
Figura 65 - Mudanças na simbologia da camada de Erosão	165
Figura 66 - Camada de Erosão: visualização antes e depois da mudança na simbologia da camada	167
Figura 67 - Captação de Água: Índice de aprovação da proporção de contraste	168
Figura 68 - Camada de Captação de Água: Índice de aprovação da proporção de contraste.....	169
Figura 69 - Simbologia da camada de captação de água: antes e depois	169
Figura 70 - Captação de água: comparativo das visualizações antes e depois das alterações.....	170
Figura 71 - Considerações sobre as mudanças realizadas nas camadas de sobreposição com baixas proporções de contraste.	172
Figura 72 - Análise da declividade (P12). Fonte: IBIO (2020).	226
Figura 73 - Layout dos processos erosivos (P12) Fonte: IBIO (2020).....	227
Figura 74 - Layout da enxurradas e erosões dos imóveis rurais (P12)	228
Figura 75 - Layout do uso do solo em áreas de preservação permanente (P52)	229
Figura 76 - Layout do tipo de vegetação em nascentes (P52)	230
Figura 77 - Layout do mapa de nascentes. olhos d'água e captações (P52) .	231
Figura 78 - layout de classificação dos imóveis por número de nascentes (P52)	232
Figura 79 - Layout do tipo de vegetação em áreas de recarga hídrica (P52).	233
Figura 80 - Layout do tipo de tratamento de esgoto (P42)	234

Figura 81 - Layout do mapa de localização das fossas negras, pontos de lançamentos de esgoto e captações de água (P42) 235

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Exemplo de classificação dos dados.....	73
Tabela 2 - Eficácia da Tarefa A.....	109
Tabela 3 - Eficácia da Tarefa B.....	109
Tabela 4 - Eficácia da Tarefa C.....	110
Tabela 5 - Eficácia da Tarefa E.....	111
Tabela 6 - Eficácia da Tarefa F.....	112
Tabela 7 - Eficácia das versões.....	112
Tabela 8 - Dados classificados para a eficiência.....	114
Tabela 9 - Eficiência de cada versão em cada tarefa.....	116
Tabela 10 - Análise de frequência de ações do usuário 20 no teste da tarefa B	117
Tabela 11 - Ações tomadas pelo usuário 02.....	120
Tabela 12 - Ações do usuário 07 na tarefa C.....	122
Tabela 13 - Eficiência das Versões do web-GIS.....	122
Tabela 14 - Satisfação medida na tarefa A.....	124
Tabela 15 - Satisfação dos usuários leigos e <i>heavys</i> na Versão 01, Tarefa A	124
Tabela 16 - Satisfação dos usuários leigos e <i>heavys</i> na Versão 02, Tarefa A	124
Tabela 17 - Satisfação dos usuários leigos e <i>heavys</i> na Versão 03, Tarefa A	124
Tabela 18 - Satisfação medida na tarefa B.....	125
Tabela 19 - Satisfação medida na tarefa C.....	127
Tabela 20 - Satisfação dos usuários leigos e <i>heavys</i> na Tarefa C.....	129
Tabela 21 - Satisfação medida na tarefa D.....	129
Tabela 22 - Satisfação medida na tarefa E.....	130
Tabela 23 - Satisfação medida na tarefa F.....	130
Tabela 24 - Satisfação geral das Tarefas.....	131
Tabela 25 - Satisfação geral das versões.....	131
Tabela 26 - Resultados de usabilidade.....	132
Tabela 27 - Usabilidade das três versões.....	133
Tabela 28 - Valores de UX e An obtidos para as três versões.....	137
Tabela 29 - Pontuação da variável Decisão Final.....	138
Tabela 30 - Índice de aprovação da proporção de contraste das camadas de sobreposição.....	147

Tabela 31 - Média da proporção de contraste das camadas de sobreposição	148
Tabela 32 - Resultados de proporção de contraste da camada Nascentes com a de Recarga Hídrica	152
Tabela 33 - Valores de proporção de contraste da camada de Nascentes sobreposta a de Uso do Solo	153
Tabela 34 - Valores de contraste da camada Erosão com a de Uso do Solo	163
Tabela 35 - Valores de contraste da camada Erosão com a de Recarga Hídrica	164
Tabela 36 - Análise do contraste para a camada Vegetação das Nascentes	165

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABES	Associação Brasileira de Engenharia Sanitária
AGEVAP	Associação Pró
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento
API	Application Programming Interface
APP	Área de Preservação Permanente (APP)
CAR	Cadastro Ambiental Rural
CBH	Comitê de Bacia Hidrográfica
CERH	Conselho Estadual de Recursos Hídricos
CIELUV.	espaço de cores adotado pela Comissão Internacional de Iluminação em 1976.
CIMVALPI	Consórcio Intermunicipal Multissetorial do Vale do Piranga
CISAB	Consórcio Intermunicipal de Saneamento Básico da Zona da Mata de MG
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
ESRI	Environmental Systems Research Institute
FC	Feature Congestion
GIS e SIG	sistema de informação geográfica
GUI	Interface Gráfica do Usuário
IaaS	Infrastructure as a Service
IBIO	Instituto BioAtlântica
IGAM	Instituto Mineiro de Águas
JPEG	Formato de arquivo gráfico
OGC	Open Geospatial Consortium (OGC)
ONG	Organizações Não Governamentais
P12	Programa de Controle das Atividades Geradoras de Sedimentos
P42	Programa de Saneamento Básico
P52	Programa de Recomposição de Áreas de Preservação Permanente e Nascentes
PaaS	Platform
PIB	Produto Interno Bruto
PIRH	DOCE
PNG	formato de dados utilizado para imagens
SaaS	Software as a Service
SDI	spatial data infrastructure
SINGREH	Sistema Nacional de Gestão dos Recursos Hídricos
SMI RED	rastreador ocular baseado em tela
250	
SOA	Service-Oriented Architecture
UGP	Unidade Gestora de Projeto
WCS	Web Coverage Service
Web	World Wide Web
WFS	Web Feature Service

WFS-T Transactional Web Feature Service
WMS Web Map Service

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Comparação entre Arquiteturas e Modelos de Serviços	41
Quadro 2 - Investimentos do Rio Vivo nas bacias da cabeceira do rio Doce ...	54
Quadro 3 - ações previstas para a etapa dois do rio vivo	56
Quadro 4- Produtos gerados pelo Rio Vivo	57
Quadro 5 - Exemplo de agrupamento das feições	66
Quadro 6 - Camadas e valores inseridos na análise de compatibilidade e adequação das cores	68
Quadro 7 - Sequência da realização dos testes.....	74
Quadro 8 - Camadas classificadas como as que sobrepõem as de fundo no mapa	80
Quadro 9 - Camadas classificadas como as de fundo do mapa	81
Quadro 10 - Análise da consistência dos dados recebidos pela agência de bacia.....	85
Quadro 11 - Códigos gerados pela metodologia de adaptação do conteúdo do mapa do Web-GIS.....	88
Quadro 12 - Recursos Disponíveis: Ferramentas e Camadas	101
Quadro 13 - Resultados dos testes com os usuários	105
Quadro 14 - Resumo estatístico de ações por tarefa e versão	108
Quadro 15 – Amostra da anotação de bordo dos testes para a Tarefa C	110
Quadro 16 - Dados dos testes para a Tarefa E.....	111
Quadro 17 - Classificação das ações em escala de pontuação da eficiência	113
Quadro 18 - Registros dos testes da versão 03 na tarefa B.....	116
Quadro 19 - Comentários dos usuários 02 e 07 sobre realizar a tarefa c	119
Quadro 20 - Códigos de cores contabilizadas por versão do web-GIS	134
Quadro 21 - Comentários sobre as camadas de pontos da Versão 02.....	139
Quadro 22 - Recursos Disponíveis na Versão Final: Ferramentas e Camadas	141
Quadro 23 - Programa de manutenção e de melhoria contínua do SIG-WEB	173
Quadro 24- Amostra dos arquivos recebidos da solicitação de dados do Rio Vivo	191

SUMÁRIO

	RESUMO	5
	ABSTRACT	6
	LISTA DE FIGURAS	7
	LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES	8
	LISTA DE QUADROS	10
1	INTRODUÇÃO	22
2	OBJETIVOS	27
2.1	Objetivo Geral	27
2.2.	Objetivos Específicos	27
3	REVISÃO DA BIBLIOGRÁFIA	28
3.1	A Bacia hidrográfica do rio Piranga	28
3.2	Comitê de Bacia Hidrográfica do rio Piranga – o CBH Piranga	30
3.3	Agência de Água da bacia do rio Piranga	32
3.4.	As teorias da governança e das ciências sociais aplicadas a relação das instituições do SINGREH	32
3.4.1.	Agências de Água e suas relações com Comitês de Bacia, como a qualidade de acesso à informação cria uma relação agente-principal	32
3.4.2.	O acesso à informação como transparência na gestão de recursos hídricos	35
3.5.	As plataformas de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) como proposta de melhoria do acesso as informações na gestão de bacias.	36
3.5.1.	O que são Web Maps e Web GIS e quais são as suas contribuições	36
3.5.2.	Arquiteturas, softwares disponíveis e tecnologias associadas a um Web GIS/Web Map	38
3.5.2.1.	Arquitetura Cliente-Servidor (<i>Client server architecture</i>)	38
3.5.2.2.	Arquitetura Orientada a Serviço (SOA)	38
3.5.2.3.	Computação Espacial em Nuvem (<i>Spatial cloud computing</i>)	40

3.5.2.4.	Comparativo de Arquiteturas e Modelos de <i>Web GIS/Web Maps</i>	40
3.5.3.	Plataformas SaaS para produção de web maps e web gis	42
3.5.3.1.	ArcGIS MapViewer	42
3.5.3.2.	ArcGIS Web App Builder	42
3.5.3.3.	QGISCloud	42
3.6.	Problemáticas atribuídas ao uso e desenvolvimento dos <i>Web Maps</i> e <i>Web GIS</i>	43
3.7.	Pesquisas, Tecnologias e Análises para mitigação das problemáticas associadas	44
3.8.	Criação do Material Cartográfico	48
3.9.	ISO NBR 9241-11 de 2002	50
4.	MATERIAIS E MÉTODOS	54
4.1	A iniciativa Rio Vivo	54
4.1.1	Da área e arranjo de atuação do Rio Vivo	56
4.2.	Obtenção dos dados	59
4.3.	Tratamento e compilação dos dados	59
4.4.	Escolha da Plataforma de web map e/ou web gis do aplicativo	60
4.5.	Criação do web GIS no ArcGIS Web App Buillder	60
4.6.	Adequação das cores das camadas para usuários com daltonismo	65
4.7	Disponibilização de acesso ao público para consulta.	69
4.8.	Processo de produção até a versão final do SIG-web	69
4.9.	Métricas de usabilidade	71
4.9.1.	Classificação dos valores de eficiência	72
4.10.	Testes dos usuários nos aplicativos	74
4.11.	Lista de ações possíveis durante o uso do sistema	76
4.12.	Métodos de análise não baseados nos usuários	76
4.12.1.	Análise não baseada nos usuários: a medida de complexidade	78
4.12.2.	Análise não baseada nos usuários: teste de contraste entre elementos visuais no mapa final	79

4.13.	Análise Estatística dos testes dos usuários	82
4.14.	Equação de seleção da versão a ser escolhida	83
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	84
5.1.	Os dados obtidos junto a Agência de Bacia	84
5.2.	Os dados tratados	85
5.3.	Adaptação das cores do mapa para usuários com daltonismo	86
5.4	Versões do aplicativo	91
5.4.1.	Versão 01 do Web-GIS	91
5.4.2.	Versão 02 do Web-GIS	95
5.4.3.	Versão 03 do Web-GIS	99
5.4.4.	Comparativo entre as versões de teste criadas	101
5.5.	Participantes da pesquisa	102
5.6.	Resultados dos testes com os usuários	104
5.6.1.	Eficácia nos testes com os usuários	109
5.6.2.	Os resultados da Eficiência nos testes	113
5.6.3.	Os resultados da Satisfação nos testes	123
5.6.3.1.	Resumo da Satisfação das tarefas	130
5.6.3.2.	Satisfação geral: tarefas, feições e carregamentos	131
5.6.4.	Os resultados de usabilidade (UX)	132
5.7.	Resultados da análise não baseada na experiência do usuário (An)	134
5.8	Escolha da versão a aprimorar	137
5.9.	Versão Definitiva	139
5.9.1.	Melhorias na funcionalidade da ferramenta “Selecionar”.	140
5.9.2.	Recursos presentes na versão final, em comparativo com as demais	140
5.9.3.	Tutorial de uso da plataforma.	143
5.9.4.	Melhorias na escolha de cores das camadas com relação ao contraste	147
5.9.4.1.	Considerações dos resultados obtidos na análise de contraste entre camadas	168
5.10.	Endereços eletrônicos importantes	171
5.11.	A Manutenção e a melhoria contínua do produto	171

6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	173
7.	PRODUTOS GERADOS	178
8.	REFERÊNCIAS	179
	Apêndice A - Modelo de formulário a ser aplicado	186
	Apêndice B - Dados recebidos da agência de bacia do rio Doce	190
	Apêndice C - Descrição das camadas importadas para a plataforma.	193
	Apêndice D - Lista de ações possíveis no sig-web elencadas pelo autor	196
	Apêndice E – Anotações de bordo do pesquisador durante os testes com os usuários	201
	Apêndice F - Configurações das camadas da Versão Final – Antes da Adaptação	207
	Apêndice G - Resultados de proporção de contraste das camadas	212
	Apêndice H - Configurações das camadas da Versão Final – Depois da Adaptação de Contraste	217
	Apêndice I – Tutorial de uso: Mensagens e imagens inseridas na ferramenta “sobre”	222

1. INTRODUÇÃO

“A relação entre a água e os humanos é universal na vida social, sem água não há vida e a humanidade não sobrevive sem ela.” (Teixeira e Quintela, 2011, p. 9).

Para além desta consideração inicial, na sociedade contemporânea, a água foi atribuída de diversos outros significados e usos. A relação deste elemento com o indivíduo e a sociedade mudou, conforme se modernizaram os processos de produção de bens. Assim como, também, vieram os avanços científicos e a facilitação do seu acesso para alguns extratos sociais (Teixeira e Quintela, 2011). No Brasil, em um passado não muito distante, a água foi entendida como bem particular. Quem possuía a terra, possuía a água. Ou seja, os corpos hídricos (as nascentes, os rios, e os lagos, entre outros) que se localizavam em um território particular, ao proprietário pertenciam (Brasil, 1916; Brasil, 1934).

Com os avanços das discussões sociais e, principalmente, com a redemocratização, a água passou de bem privado para público (Viegas, 2007; Brasil, 1988). Em 1988, por meio da nova constituição brasileira, surgiu o entendimento do direito do meio ambiente ecologicamente equilibrado, como garante o artigo nº 225 da Constituição Federal (BRASIL, 1988). A partir daí, abriu-se o caminho para diversos avanços de políticas públicas focadas na preservação do meio ambiente e na garantia de todos os indivíduos ao seu direito.

É neste panorama que se promulgou a lei nº 9.433 de 1997, por sua vez, responsável por implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos. Por meio desta, a água passou para a seguinte denominação: “um bem de domínio público”. Além disto, a lei que ficou conhecida como a Lei das Águas criou o Sistema Nacional de Gestão dos Recursos Hídricos (SINGREH) no Brasil (Brasil, 1997; Junqueira *et al.*, 2011). Este sistema se incumbiu de coordenar a gestão integrada das águas, além de arbitrar os conflitos, implementar a política, planejar e controlar os usos e fazer a sua recuperação. Sua composição é feita pelos conselhos nacional e estaduais de recursos hídricos, pela Agência Nacional de Águas, pelos órgãos públicos federais, estaduais, municipais e do

Distrito Federal, além dos Comitês de Bacias Hidrográficas e as Agências de Águas. Neste trabalho, cabe-se destaque para os Comitês de Bacias Hidrográficas, os CBHs.

Como mencionado anteriormente, a relação do homem com a água migrou de sentido, mas esta mudança não atinge todas as camadas da sociedade (Galizoni e Ribeiro, 2003; Subramaniam, 2014). Em um país diverso, extenso e desigual, o principal elemento de sobrevivência e transformação de recursos, por consequência, possui entendimentos muito diferentes entre os indivíduos de diferentes grupos. Fatores como cultura, origem, localização geográfica, classe social, raça e gênero são determinantes em como se faz o uso de tal elemento (Diaz, Lopez & Moran, 2018).

A composição dos CBHs é feita de diferentes representantes da sociedade, seja por aqueles do poder público (federal, estadual e municipal), seja por aqueles que são usuários da água (indústrias, agricultores e pecuaristas, entre outros) e por entidades civis – como as ONGs. Além destes, em comitês que abrangem territórios indígenas, devem estar presentes os representantes das comunidades e da Fundação Nacional do Índio (FUNAI) (Brasil, 1997).

Designados de promover os debates das questões relacionadas aos recursos hídricos, entre outras responsabilidades, nos CBHs, os diferentes grupos buscam um senso para definir os programas de recuperação das bacias e os valores a serem cobrados pelo uso da água, além de outras questões referentes a gestão destes. Nesta dinâmica de debates, surgem as relações de poderes que, por muitas vezes, não são igualitárias (Baptista, 2017). O acesso e a capacidade de interpretação dos dados relacionados as quantidades e qualidades das águas e as informações inerentes aos programas e aos arranjos institucionais, entre outras, se tornam agentes transformadores que propiciam vantagens àqueles grupos com maiores recursos e capacidades técnicas. Por fim, os que possuem menores índices de formação técnica e menor capacidade de acesso a informações se tornam fragilizados neste ambiente (Empinotti et al., 2016).

Como resultado das diversas discussões (que foram citadas no parágrafo anterior), formam-se as demandas de programas, de projetos e de instituição de cobranças pelos recursos hídricos, que são repassadas a uma entidade incumbida de executá-las. Esta entidade é a Agência de Água (ou Agência de Bacia). Ela é a instituição técnica e multe especializada, executora ou indutora das ações de conservação e recuperação dos recursos hídricos (ANA, 2015). Em outras palavras, a Agência de Água é a instituição que assessora os comitês de bacia, servindo de braço executor de suas proposições.

Nesta dinâmica da gestão de recursos hídricos, podem ocorrer diversos conflitos de relacionamento entre estas duas entidades, os CBHs e a Agência de Água. Se nos comitês de bacia, devido a sua inerente diversidade, manifestam-se divergências da forma de comunicação e de interesse, quando incluído um novo ator, que deverá acatar as decisões e anseios sintetizados, esta dissensão se intensifica.

Ao receber as demandas, a agência segue para o planejamento e execução dos programas e projetos que lhe foram designados. As informações que são geradas ficam em posse dela, de forma que não são facilmente acessíveis para os comitês e/ou sociedade. Dentre estas informações, destaca-se neste trabalho as informações cartográficas que será o objeto de estudo. Por fim, surge uma assimetria entre a agência e o comitê. O CBH, por sua vez, ávido de obter informações do andamento daquilo que foi planejado, somente as obtém por meio de solicitações formais, que demandam tempo e capacidade técnica para as captar e interpretar.

Uma forma de reduzir os conflitos e melhorar a eficiência do Sistema de Gestão dos Recursos Hídricos é por meio do aprimoramento do acesso às informações (Rogers & Hall, 2003). Segundo Transparency International (2008), as práticas participativas e a presença da transparência nos processos de tomadas de decisão podem ser agentes fortalecedores do sistema. Para Mol (2010) e Empinotti et al. (2016), novas práticas e fluxos de informação, baseadas em recursos tecnológicos, têm grande potencial de atingir este objetivo.

Com os avanços da internet, novas soluções surgiram e, por conseguinte, conteúdos que, devido aos custos de produção e distribuição, eram

restritos a uma parcela da sociedade se tornaram largamente acessíveis (Steinrücken & Plümer, 2013). Como consequência, a produção cartográfica migrou, passou da publicação exclusiva em papel para a ampla publicação na web. E foi nesta que ela se difundiu - o que fez com que alguns autores a considerassem como a grande revolução e democratização da cartografia nos últimos tempos (Popelka et al., 2019; Mooney & Juhász, 2020).

Uma forma comum de ter acesso a dados em mapas na internet é através dos *web maps* e *web GIS*. Segundo Fu & Jiulin (2010), eles são quaisquer Sistemas de Informações Geográficas (SIG ou GIS) que utilizem tecnologias *web* para comunicação de seus componentes. Suas contribuições são muitas e suas aplicabilidades não se restringem a somente alguma área da ciência. Eles podem ser vistos na gestão do território urbano (Paul & Bussemaker; 2020), na disponibilização de dados de poluição luminosa (Sky Gazing, 2021) e na disponibilização de informações da propagação de doenças infecciosas como *Healthy Map* e Florida Covid-19 Response (Mooney & Juhász, 2020), como também na gestão de recursos hídricos em bacias hidrográficas brasileiras, a exemplo do VelhasMap (CBH Rio das Velhas, 2021), entre outras.

As teorias de governança auxiliam os gestores, técnicos, pesquisadores e demais interessados em entender como ocorrem as relações na gestão dos recursos hídricos (Rogers e Hall, 2003; Jacobi, 2010). Uma vez que foram apresentados os fenômenos, os entendimentos de problemas que ocorrem no plano da realidade da gestão de bacias, traduzidos muitas vezes em mapas temáticos, podem ficar mais compreensíveis. Contudo, é primordial que as informações geradas a nível de agencia de bacia estejam disponíveis de forma ampla e transparente. Portanto, adiante, apresenta-se o caso a ser objeto de estudo desta dissertação do qual as informações foram obtidas para serem disponibilizadas na forma de um *web GIS*.

No ano de 2017, o comitê de bacia hidrográfica do rio Piranga, em uma ação conjunta aos demais CBHs de sub bacias do rio Doce, lançou um portfólio de programas focados no controle de atividades geradoras de sedimentos, saneamento rural e recomposição de nascentes e áreas de preservação permanente (Instituto BioAtlântica, 2017). Este portfólio (ou iniciativa) foi batizado pelo nome de Rio Vivo. Na bacia do rio Piranga, como primeira fase de

sua aplicação, foram executados diversos diagnósticos em propriedades rurais, totalizando 1560 imóveis localizados nos municípios participantes. Como resultado, foram obtidos, além dos dados socioeconômicos, a localização de nascentes, de áreas produtoras de sedimentos, de cursos d'águas, de estradas vicinais e de pontos de lançamento de esgoto (Instituto BioAtlântica, 2017). Tais informações têm ao menos uma característica em comum, a componente de localização geográfica.

Como explicado anteriormente, a Agência de Água fica responsável pela contratação da execução dos programas. Não divergindo disto, a Agência da bacia do rio Doce contratou, geriu e recebeu os produtos gerados pelos contratos da iniciativa Rio Vivo. E, enquanto não existir uma plataforma específica e largamente acessível, todos os dados não ficam dispostos publicamente.

Para reduzir a assimetria de informações entre os participantes do CBH Piranga e da Agência de Bacia, de forma a aprimorar o relacionamento entre estes entes, necessita-se da proposição de novas práticas baseadas em recursos tecnológicos dispostos na internet. Neste contexto, a criação de um *web GIS* capaz de dispor os dados de forma acessível, inteligível e intuitiva surge como uma solução promissora.

Se alcançado o objetivo de criar um aplicativo de fácil acesso, o comitê de bacia hidrográfica poderá visualizar a localização dos elementos mapeados nos diagnósticos, consultar gráficos dos dados que resumam as informações. Ademais, espera-se que a ferramenta possibilite a transferência de dados e a geração e impressão de novos mapas com as camadas disponibilizadas, todas estas funcionalidades em qualquer momento e local.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Desenvolver uma plataforma de web GIS que compile e disponibilize os dados dos diagnósticos do Rio Vivo, realizados na bacia do Rio Piranga.

2.2. Objetivos Específicos

- Tratar os dados gerados pelos 884 diagnósticos ambientais rurais realizados na bacia do rio piranga.
- Desenvolver a apresentação cartográfica mais compreensível, de forma a comunicar as informações eficientemente.
- Disponibilizar publicamente, em uma plataforma GIS acessível pela *web*, as informações coletadas pelos programas

3. REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA

Esta pesquisa se ocupou de contribuir na gestão de recursos hídricos do Brasil, de forma específica a uma bacia e a suas entidades do Sistema Nacional de Gestão de Recursos Hídricos (SINGREH). O foco de estudo foi o de reduzir os entraves e barreiras que as informações geradas na bacia do Rio Piranga enfrentam ao fluir entre as suas instituições, como também para o público externo. As informações escolhidas foram aquelas produzidas por uma iniciativa de diagnóstico e recuperação de áreas estratégicas da bacia. Portanto, a revisão da bibliografia trouxe entendimento da área de estudo e o arranjo institucional da gestão de recursos hídricos na bacia.

Após abordar o sistema de gestão de recursos hídricos da área de estudo, são apresentadas as tecnologias disponíveis para um sistema de informações geográficas que funcione diretamente pela internet (no caso, pela *web*). Para esta pesquisa, a abordagem de quais são os principais modelos de sistema ajuda a compreender qual deve ser a escolha mais adequada para o objetivo deste trabalho.

Neste trabalho, considerou-se que: tão importante quanto compreender a forma de funcionamento das diferentes tecnologias, é a necessidade de se compreender as problemáticas que podem ocorrer no funcionamento do sistema e dos mapas disponibilizados. Por consequência, se torna imprescindível o conhecimento das formas de se reduzir as falhas decorrentes destas problemáticas.

Em resumo, este capítulo apresenta a revisão da bibliografia nos temas da gestão de recursos hídricos, dos conceitos de SIGs na *web* e suas problemáticas e as possíveis soluções para estas.

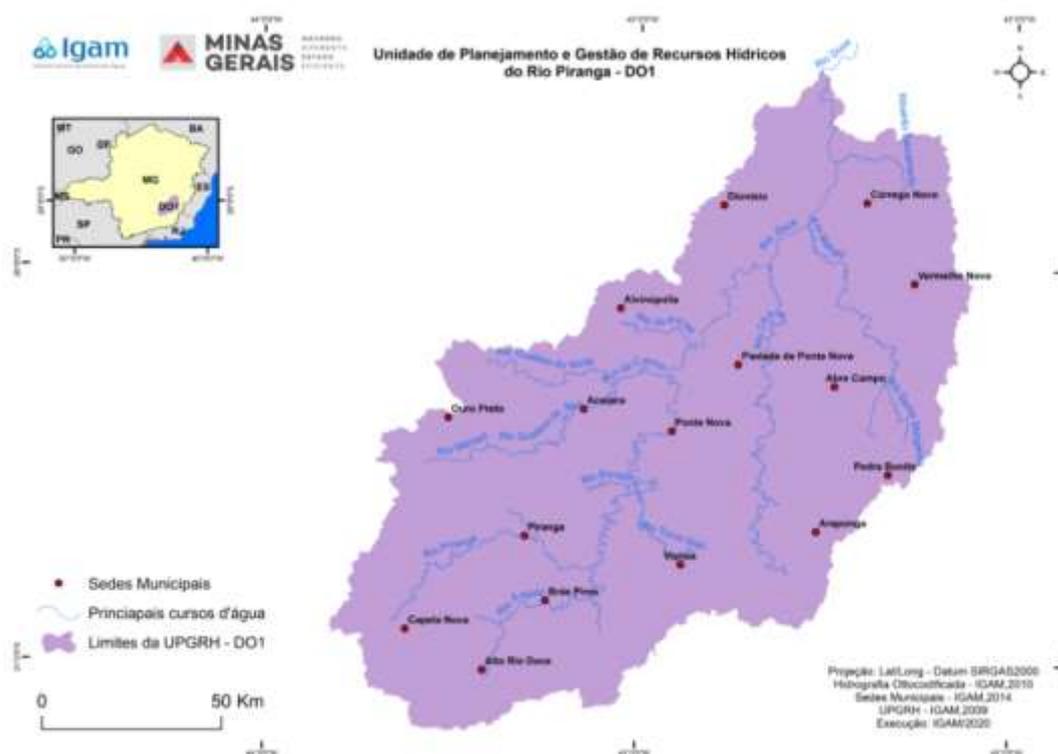
3.1. A Bacia hidrográfica do rio Piranga

O rio Piranga se localiza no estado de Minas Gerais, sendo um dos principais afluentes do rio Doce. Sua área de contribuição, ou seja, sua bacia hidrográfica, compreende a cerca de 17.751 km², que representa 25% de toda a região da bacia do rio Doce em Minas Gerais. Esta dimensão lhe confere a segunda maior expressividade de área entre as demais unidades de gestão de

recursos hídricos, ficando atrás somente da bacia do rio Suaçuí. Apesar disso, ela possui a maior quantidade de municípios entre as demais. Ao todo, a bacia do rio Piranga abrange 77 municípios, concentrados principalmente na Zona da Mata e Campos das Vertentes. Os principais rios contribuintes desta bacia são os rios Piranga, Casca, Carmo e Matipó (PIRH-Doce, 2010).

A Figura 1 traz a localização da bacia no estado de Minas Gerais.

Figura 1 - Limite da bacia do rio Piranga



Fonte: IGAM, 2021.

Quanto as características climáticas predominantes, a precipitação média anual varia entre 1065 a 1566 mm (Nascimento & Castro, 2012). Tais valores a classificam como a bacia com a terceira maior precipitação média decenal (estação chuvosa) (Cupolillo, 2008). Esta bacia possui o maior valor de potencial erosivo das chuvas entre os municípios de toda a bacia do rio Doce (Borges *et al.*, 2020). No que diz respeito ao tipo de solo, assim como na do rio Doce, nesta bacia predominam os Latossolos Vermelo-Amarelos. Por conseguinte, a susceptibilidade a erosão na bacia varia de média a forte, devido

as características do relevo acidentado e das chuvas intensas (PIRH-Doce, 2010).

Quanto ao uso e ocupação do solo, predominam os de pastagem (57%) e floresta nativa (30%), por conseguinte, as classes de reflorestamento, outras formações naturais e outros usos antropizados possuem uma baixíssima representatividade na bacia (1 a 2%) (PIRH-Doce, 2010).

Em termos de contribuição para o PIB, a bacia do rio Piranga possui o segundo maior quantitativo da bacia do rio doce, foram 19% do total, ficando atrás da bacia do rio Piracicaba (40%). As principais atividades econômicas são a de cultivo de café e a pecuária (PIRH -Doce, 2010).

Em decorrência destas características, os principais problemas de qualidade ambiental são os de deficiência na drenagem de vias rurais, o desmatamento de florestas nativas, a extração mineral desordenada e a redução das águas subterrâneas (Instituto Mineiro de Gestão das Águas, 2021). A deficiência de drenagem nas estradas vicinais não pavimentadas pode acarretar na aceleração de processos erosivos e, principalmente, no transporte dos sedimentos, servindo de canal para assorear e poluir rios (Corrêa et al., 2006). Por sua vez, a redução da cobertura vegetal leva ao acarretamento de fenômenos erosivos, como o surgimento de sulcos, ravinas e voçorocas, como na decorrência do aumento de sólidos suspensos e na alteração do ph de águas superficiais (Hayakawa, 2015).

3.2. Comitê de Bacia Hidrográfica do rio Piranga – o CBH Piranga

O Comitê de Bacia Hidrográfica é um dos membros integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos. Sua área de atuação compreende a totalidade de uma bacia hidrográfica, sub-bacia de tributário, grupo de bacias ou sub-bacias contíguas (Brasil, 1997).

Para Madruga et al. (2011), o Comitê é uma organização emergente que surge da necessidade da sociedade em criar uma instituição que equacione os conflitos e promova a discussão de alternativas para a decisão harmônica dos problemas recorrentes do uso da água.

As principais atribuições do CBH são de servir como parlamento para a discussão e tomada de decisões relativas ao uso, conservação e recuperação dos recursos hídricos. Além disso, o comitê tem, por atribuição, a função de aprovar e acompanhar o Plano de Recursos Hídricos e estabelecer os mecanismos e valores da cobrança pelo seu uso (Brasil, 1997).

Acerca da composição dos Comitês de Bacias Hidrográficas, esta deve ser realizada com a presença de representantes da União, Estados, Municípios, usuários e entidades civis que se localizem no território da bacia.

Com relação ao CBH do rio Piranga, a sua instituição se deu por meio dos esforços de diversos atores locais, em 2002, através do Decreto nº 43.101/2002. Os principais responsáveis por iniciar este processo foram os representantes do poder público, por meio dos prefeitos dos municípios que buscaram o Instituto Mineiro de Águas para a proposição do comitê. (Toledo, 2019).

Entre os anos de 2017 a 2021, a composição do CBH Piranga foi feita por representantes da administração pública estadual e municipal, por usuários dos recursos hídricos e pela sociedade civil, sem a presença de representantes da FUNAI e do poder público federal (IGAM, 2018). Contando com titulares e suplentes, os segmentos da sociedade possuíam a seguinte quantidade de representantes:

Usuários – Eram, ao total, 18 membros, sendo nove dos representantes de grupos de abastecimento público municipal, quatro do setor de mineração, dois representantes das indústrias de forma geral, um do setor energético e um da produção rural (um).

Administração Pública Estadual – este grupo de representantes possuía o total de 18 membros, se dividindo entre as entidades, secretarias e instituições de saúde, educação, meio ambiente, extensão rural, polícia e desenvolvimento.

Administração Pública Municipal – Eram 18 membros, que se dividiam entre quinze representantes dos municípios da bacia e três demais, um da Associação dos Municípios da Microrregião do Vale do Rio Piranga (AMAPI), um do Consórcio Intermunicipal de Saneamento Básico da Zona da Mata de MG –

CISAB e um do Consórcio Intermunicipal Multissetorial do Vale do Piranga – CIMVALPI.

Sociedade Civil – este grupo de membros foi composto por representantes de instituições particulares, Universidades públicas (um), associação de proteção ambiental, associação de apicultores, sindicato de trabalhadores nas indústrias, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária – ABES e o Conselho Regional de Engenharia e Agronomia, totalizando 18 membros.

3.3. Agência de Água da bacia do rio Piranga

A agência de água tem, por princípio, a atribuição de atuar como braço executor dos comitês de bacias. Esta entidade deve se ocupar de manter a atualização das informações de balanço dos recursos hídricos e dos usuários deste recurso, além de analisar e emitir pareceres sobre projetos e obras de recursos hídricos, entre outros (Brasil, 1997).

Acerca da região de atuação de uma agência, esta não se limita a somente um comitê, podendo, assim, abranger diversos outros (ANA, 2015). No caso da Agência de Água da bacia do rio Piranga, a entidade a exercer tal função pode ser a mesma que atue na bacia do rio Doce.

Por meio da Resolução nº 130/2011 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos e da Resolução nº 295/2011 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos, entre os anos de 2011 a 2020, as atividades foram exercidas pela entidade delegatária e equiparada a Agência de Água Instituto BioAtlântica, instituição privada sem fins lucrativos.

A partir de 2021, a competência das funções inerentes a Agência de Água foram delegadas e equiparadas a Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (AGEVAP). Foi por meio das resoluções CNRH nº 212/2020 e CERH nº 441/2020 que se definiram as funções de agência de água da bacia do rio Doce e agência de água das sub-bacias do rio Doce, respectivamente.

3.4. As teorias da governança e das ciências sociais aplicadas a relação das instituições do SINGREH.

Para se atingir algum progresso no sistema de gestão dos recursos hídricos, é fundamental que se compreenda os fenômenos sociológicos que se manifestam na relação das instituições que o compõe. As teorias de governança e das ciências sociais aplicadas podem auxiliar na identificação dos problemas, além de trazer luz à definição de quais devem ser as ações necessárias para se atingir tal progresso. Portanto, as próximas subseções buscam definir quais são as problemáticas encontradas no SINGREH, em especial na relação dos comitês e suas agências de água.

3.4.1. Agências de Água e suas relações com Comitês de Bacia, como a qualidade de acesso à informação cria uma relação agente-principal

No âmbito do Sistema Nacional de Recursos Hídricos (SINGREH), a Agência de Água (ou Agência de Bacia) foi proposta como um braço técnico dos Comitês de Bacia Hidrográfica.

Esta definição toma corpo ao se analisar as atribuições outorgadas a elas no artigo 44º da lei 9.433/97, são exemplos:

- manter balanço atualizado da disponibilidade de recursos hídricos em sua área de atuação;
- manter o cadastro de usuários de recursos hídricos;
- analisar e emitir pareceres sobre os projetos e obras a serem financiados com recursos gerados pela cobrança pelo uso de Recursos Hídricos e encaminhá-los à instituição financeira responsável pela administração desses recursos;
- acompanhar a administração financeira dos recursos arrecadados com a cobrança pelo uso de recursos hídricos em sua área de atuação;
- gerir o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos em sua área de atuação;
- promover os estudos necessários para a gestão dos recursos hídricos em sua área de atuação;

- elaborar o Plano de Recursos Hídricos para apreciação do respectivo Comitê de Bacia Hidrográfica;
- propor ao respectivo ou respectivos Comitês de Bacia Hidrográfica: enquadramento dos corpos de água, os valores da cobrança pelo uso de recursos hídricos, plano de aplicação dos recursos da cobrança pelo uso de recursos hídricos;

Tais atribuições visam subsidiar tecnicamente as tomadas de decisão feitas pelos CBHs. Nesta relação, em que o comitê deve dar confiança à agência em executar tecnicamente suas ações propostas, forma-se uma relação conhecida como agente-principal. Para buscar entendê-la, é necessário retornar ao entendimento das ciências sociais aplicadas, formulado por Pratt e Zeckhauser (1985).

Em “*Principals and Agents: The Structure of Business*”, Pratt e Zeckhauser (1985) esclarecem a teoria do modelo agente-principal de forma direta e prática, definindo um desafio ao leitor. É perguntado ao leitor se seria possível confiar, de forma completa, que os autores o informariam sobre os conceitos abordados da melhor forma possível. Conseqüentemente, a resposta dada é: não necessariamente. Segundo eles, autores de um livro estão mais próximos do objeto de estudo e, portanto, possuem maiores informações que o leitor. Outro ponto é que os objetivos de quem lê podem ser divergentes, de acordo com suas características, tornando difícil satisfazer suas expectativas.

Nessa relação, os autores exercem o papel de agentes e os leitores de principal. O principal é aquele que deve ser provido de seu interesse pelo agente. Outros exemplos podem ser aplicados para buscar tornar clara a definição de agente-principal, como: o médico e o paciente, o consultor e o cliente.

Neste modelo, a informação deveria fluir perfeitamente e sem custos entre partes envolvidas, em qualquer processo que seja. Mas, no campo da realidade, informações completas e acessíveis são raras de ocorrer. Esse contexto traz a problemática chamada “*agency-relationship*” em que o principal não consegue monitorar as informações e ações do agente de forma perfeita e sem custo. Conseqüentemente, resta ao principal confiar nas ações do agente, o que gera uma série de dificuldades de relacionamento.

Trazendo tais entendimentos para a gestão de recursos hídricos, especificamente na relação “Agência de Bacia e CBH”, como ela pode ser entendida?

Um exemplo prático de quando essa problemática pode se estabelecer é no momento em que a Agência de Bacia promove os estudos necessários na sua área de atuação, onde podem surgir algumas dúvidas entre participantes dos comitês, como: quais foram os critérios utilizados na escolha de metodologias e arranjos nos estudos, quais os produtos gerados, como podem ser acessados e qual foi o critério de escolha de áreas a serem estudadas. Sem acesso adequado às informações, os CBHs podem encontrar dificuldades em exercer suas funções de acompanhar a execução do plano de recursos hídricos e de tomar decisões inerentes a melhoria da quantidade e qualidade de água.

Outro exemplo que pode ser dado, é o apresentado pela Agência Nacional de Águas - ANA (2014). A agência de bacia (agente) ocupa-se dos dados relativos às disponibilidades e demandas, dos estudos probabilísticos, entre outros. Tais informações não são, normalmente, de fácil acesso aos comitês de bacia (principal). No lado oposto, os comitês de bacia podem se utilizar de conceitos baseados em princípios políticos e sociais para tomar decisões. A divergência de formas de operação dos dois envolvidos torna difícil o relacionamento entre eles, o principal deseja ser atendido, mas suas expectativas divergem das informações e ações vindas de seu agente, a agência. Nesse contexto, a otimização do acesso à informação surge como uma questão de grande importância para a melhoria da gestão de recursos hídricos.

3.4.2. O acesso à informação como transparência na gestão de recursos hídricos

Criando uma ligação entre o acesso à informação, a gestão de recursos hídricos e a governança, temos o surgimento do conceito de transparência. A transparência é o acesso à informação a ser provido pelo Estado e qualquer outro ator envolvido nos processos de tomada de decisão na gestão dos recursos hídricos. Ela ainda pode ser entendida como uma espécie de lugar-comum na política de sociedades liberais, que garante o funcionamento dos

sistemas de gestão e participação de forma simétrica aos atores envolvidos (Empinotti, Jacobi e Fracalanza, 2016).

Segundo Stalgren (2006), a transparência pode ser entendida como o indicador de efetividade, integralidade e legitimidade das práticas de governança, o que produz a diminuição de assimetria do conhecimento e, conseqüentemente, de poder no processo de tomada de decisão.

Para Transparency International (2008), na governança da água deve existir um fortalecimento por meio das práticas participativas e uma presença constante da transparência em todos os processos de tomada de decisão. Uma forma de garantir a presença da transparência nos processos de tomadas de decisão é por meio de novas práticas e fluxos de informação baseadas em recursos tecnológicos, como a internet. (Mol, 2010; Empinotti, Jacobi e Fracalanza, 2016).

3.5. As Plataformas de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) como proposta de melhoria do acesso as informações na gestão de bacias.

A partir do entendimento de que os recursos tecnológicos podem ser agentes transformadores da transparência na governança, surge a possibilidade de se propor a implementação de uma plataforma de mapas na web que forneça informações de estudos realizados em uma bacia.

Para isto, são necessários os entendimentos dos conceitos de quais são estas plataformas, qual é a capacidade destas em contribuir no acesso a informações e quais são as possíveis problemáticas que se deve atentar para a construção de uma plataforma eficiente. Portanto, nesta seção, são abordados cada um destes conceitos encontrados na bibliografia.

3.5.1. O que são Web Maps e Web GIS e quais são as suas contribuições

Nos últimos anos, o avanço da internet trouxe diversas novas funcionalidades e capacidades de acesso à informação (Steinrücken & Plümer, 2013). Este fenômeno permitiu que os dados geoespaciais e as produções cartográficas se tornassem cada vez mais acessíveis ao público. Enquanto que antigamente os mapas eram publicados em papel, com largo custo de impressão e uma limitadíssima distribuição, hoje, a produção cartográfica pode ser

acessada e produzida pelo público livremente (Steinrücken & Plümer, 2013). Para muitos, essa pode ser considerada a revolução e a democratização da cartografia (Popelka et al., 2019; Mooney & Juhász, 2020).

Uma forma comum de acesso a estas informações é através do *Web Map Service* (WMS), uma interface da *Open Geospatial Consortium* (OGC) que fornece o acesso e visualização dos dados como arquivos de imagem na internet (em PNG, JPEG, outros). As plataformas que permitem a visualização desses dados podem ser entendidas como *Web GIS*, que, segundo P. Fu et al. (2010), são quaisquer Sistemas de Informações Geográficas (SIG ou *GIS* de em língua inglesa) que utilizem tecnologias web para comunicação de seus componentes.

Já para Neuman (2008), os termos *Web GIS* e *Web Maps* tem significados distintos, sendo tipicamente entendido que os *web Maps* podem ser as mídias apresentadas em um *Web GIS*, ou seja, o produto visualizado na plataforma GIS com componentes de comunicação na *web*. Outros autores entendem que a diferença entre o *Web GIS* e os *Web Maps* está na capacidade analítica e de produção fornecida pelo aplicativo (P. Fu, et al., 2010).

Tais avanços, aqui mencionados, permitem que os mapas online sejam capazes de fornecer diversos formatos e funcionalidades diretamente no navegador da *web*, o que antes pertenciam somente aos SIGs tradicionais - aqueles executados de forma local em computadores (Mooney & Juhász, 2020). Com tal disponibilidade de informações e ferramentas, quais podem ser os impactos dos *Web GIS* nas diversas áreas do conhecimento?

Mediante a pesquisa da bibliografia realizada, observou-se uma grande quantidade de informações distribuídas por aplicações *Web Maps* e *Web GIS*. Seus usos abrangem diversas áreas. Entre os diversos exemplos encontrados, cita-se:

- A disseminação de dados científicos, por meio de um banco de dados espaciais de informações da conservação ambiental de espécies e recursos naturais, como os obtidos em diversos estudos sobre a *Populus tremuloides* (Quaking Aspen) (Howell, 2019);

- A promoção da justiça ambiental e gestão da água, por meio de um web map colaborativo e participativo dos conflitos pela água, ocorrendo de forma exitosa em Andalusia, na Espanha (Pedrega, Laconi & Moral, 2020);
- Disseminação do conhecimento sobre regiões climáticas, como o Semiárido brasileiro (Medeiros et al., 2015);

3.5.2. Arquiteturas, softwares disponíveis e tecnologias associadas a um web GIS/web map

A estrutura básica de um *Web GIS* possui dois atores, o servidor *web* e o cliente browser. Aplicações web geralmente contém somente o servidor *web*, mas em *Web GIS* existe mais um servidor chamado servidor de mapa ou dados espaciais. Este é responsável pelos dados geográficos e provê os serviços de imagens de mapa e transferência de arquivos geoespaciais, além disso, ele executa as funcionalidades GIS, como zoom, edição, e rastreamento de objetos (Agrawal & Gupta, 2017).

Os *Web GIS* possuem diferentes arquiteturas de sistema para seu funcionamento. São elas a arquitetura cliente-servidor, a arquitetura orientada a serviço e a computação espacial em nuvem (Agrawal & Gupta, 2017).

3.5.2.1. Arquitetura Cliente-Servidor (*Client server architecture*)

A arquitetura cliente-servidor é o modelo de rede de computadores, em que muitos clientes solicitam e recebem serviços de um servidor centralizado (host). A Interface do cliente provê ao usuário a capacidade de solicitar serviços ao servidor e receber os resultados de tal requisição (Britannica, 2015). A arquitetura cliente-servidor possui as seguintes variações de modelo:

- Cliente magro (*thin cliente*) - onde grande parte dos processos são executados no servidor, exigindo menos recursos do cliente;
- Cliente bruto (*thick client*) - em que grande parte dos processos de geoprocessamento são realizados na interface do cliente, e
- Arquitetura híbrida (*hybrid architecture*) - que é a combinação das duas arquiteturas anteriores.

3.5.2.2. Arquitetura Orientada a Serviço (SOA)

Esta arquitetura é caracterizada por sua integração de diferentes componentes para formar um *Web GIS*. Cada funcionalidade é provida por um *software* ou estrutura diferente (Unnamalai & Thresphine, 2014, Agrawal & Gupta, 2017). Em outras palavras, os dados geoespaciais podem ser fornecidos por um serviço de armazenamento de dados, ao passo que o compartilhamento e edição dos dados serão fornecidos por outros.

Este tipo de arquitetura possui, entre suas vantagens, a customização de sua estrutura, fornecendo ao desenvolvedor diversas opções de *softwares* que podem exercer as funções desejadas com interoperabilidade, sob padrões que permitam suas comunicações (Id, Sukamoto & Mahdiyah, 2017).

Os padrões de comunicação da arquitetura SOA são os WFS, WMS e WCS da *Open Geospatial Consortium* (OGC), que visam permitir a comunicação dos serviços de diferentes operabilidades (Open Geospatial Consortium, Inc., 2014). O *Web Feature Service* (WFS) é responsável pela transferência de dados geoespaciais (Open Geospatial Consortium, Inc., 2014). Enquanto isso, o *Web Map Service* (WMS) provê o formato padrão de mapas visualizados em serviços *Web GIS*, comumente fornecidos em formatos JPEG e PNG (Open Geospatial Consortium, Inc., 2006). O *Web Coverage Service* (WCS) define o padrão de comunicação para arquivos do tipo raster, geotiff e GTopo30.

A título de exemplo, um *Web GIS* pode ter em sua estrutura os seguintes serviços:

- Banco de Dados Espaciais: é aquele que contém os dados espaciais do sistema. Este é responsável por armazenar, dispor e enviar os dados com segurança, quando solicitado. A cada objeto presente no sistema, deverão estar presentes as informações de localização em algum sistema de coordenadas geográficas (Pimenta *et al.*, 2012).
- Serviço de Aplicação (API): o serviço de aplicação é o ponto de integração de um *Web GIS*, onde este é responsável por disponibilizar os dados geográficos aos usuários finais. Sua função principal é permitir a comunicação entre os diversos serviços envolvidos em um *Web GIS*, trazendo os dados do

servidor de banco de dados e os entregando ao cliente, por exemplo. Para tal serviço, existem diferentes aplicativos capazes de atuar como servidores. Dois exemplos disponíveis são o Geoserver (Geoserver, 2013) e o MapServer (Mapserver, 2009), que são aplicativos de código-fonte aberto, com capacidade e performances similares para prover informações em diferentes padrões da *Open Geospatial Consortium* (OGC) (M. Kulawiak *et al.*, 2010).

- Interface de Usuário (*Web Client*): O *Web Client* é aquele responsável pelo fornecimento de uma interface gráfica de usuário (GUI) (Kepka, 2013), que torna possível visualizar os dados e oferecer diversas ferramentas, com intuito de permitir e aprimorar a interação do cliente com os dados do Web GIS. Como exemplo, tem-se a medição de dimensões no mapa através de ferramentas de polígono.

3.5.2.3. Computação Espacial em Nuvem (*Spatial cloud computing*)

A computação passou por um intenso desenvolvimento nas últimas décadas, passou de computadores (*mainframes*) para computadores pessoais e, por fim, para a computação em nuvem.

A computação em nuvem (*cloud computing*) pode ser entendida como um modelo que disponibiliza o acesso difuso, conveniente e sob demanda à uma gama de recursos computacionais compartilhados, providos com custos mínimos de manutenção (Mell e Grance, 2010).

Os serviços de *Web GIS* na arquitetura de *cloud computing* podem ser oferecidos em diferentes formas pela Internet, como *Software as a Service* (SaaS), *Infrastructure as a Service* (IaaS) e *Platform as a Service* (PaaS).

Software as a Service (SaaS) – neste modelo de nuvem, as funcionalidades oferecidas são feitas por meio de um *software*, onde são fornecidas a interface de usuário, o armazenamento, entre outros. Seu acesso é feito via *website*, em oposição a realizar a instalação do aplicativo localmente. Este modelo de *cloud computing* é amigável ao usuário, permitindo a ele o desenvolvimento e uso das funcionalidades sem a necessidade de um conhecimento aprofundado em programação (GANGADHARAN, 2017).

Infrastructure-as-a-Service (IaaS) –. O IaaS provê o sistema de armazenamento, roteadores, *switches* e outras estruturas necessárias (Venters & Whitley 2012).

Platform-as-a-Service (PaaS) - um modelo de cloud computing adequado ao usuário que busca um ambiente de desenvolvimento de softwares que forneça a estrutura necessária para a realização de uma série de testes. Este modelo provê a um sistema operacional, o software a ser utilizado e o ambiente de desenvolvimento.

3.5.2.4. Comparativo de arquiteturas e modelos de *web GIS/web maps*

A escolha de quais arquiteturas adotar no desenvolvimento de um *web GIS/Web Map* pode ser feita em razão das características desejadas de desempenho, acessibilidade e custos, avaliando as vantagens e riscos de cada um.

Com vistas a consolidar tais informações, o Quadro 1, abaixo, traz as informações associadas aos modelos.

Quadro 1 – Comparação entre Arquiteturas e Modelos de Serviços

Arquitetura	Vantagens	Riscos	Exemplos
Cliente-Servidor	Estabilidade Requerimentos explorados rigorosamente Bom para aplicações tradicionais Maior disponibilidade de desenvolvedores capacitados	Performance, escalabilidade, manutenção e problemas de qualidade. Inutilizável se os dados e outros requerimentos dependerem de repositórios diferentes	TEN ECOPORTS WebGIS (Stylios <i>et al.</i> ,2014)
SOA	Útil se serviços web estão envolvidos, Promove interoperabilidades Possui padronização pela OGC	Dificuldades de identificar e localizar serviços apropriados Não Administrar/Projetar adequadamente os múltiplos serviços pode resultar em deadlocks	VELHASMAR (2021)
Cloud Computing	Qualquer um pode desenvolver sem ter de adquirir softwares e infraestruturas Segue um modelo de pagamento por uso, ou por taxa de subscrição Menores custos iniciais e dispensa custos para aquisição de novos hardwares e softwares	Problemas de privacidade e segurança dos dados Transferência total dos dados para a nuvem	Ver exemplos de cada modelo, abaixo.

Arquitetura	Vantagens			Riscos		Exemplos
	Modelos	Serviço	Público Alvo	Permissões	Redução de Custos	Exemplos dos Modelos
	SaaS	Aplicação em Nuvem	Usuário Final	Menores Capacidades de Customização	Redução de custos em desenvolvimento, manutenção e operação de hardwares e softwares	ArcGIS Online, Google Maps, QGIS Cloud
	PaaS	Ambiente de desenvolvimento	Desenvolvedores	Pode desenvolver e fornecer um ambiente de capacidades	Compra e manutenção de hardwares e softwares da plataforma	Microsoft Azure, Google App Engine
	IaaS	Poder de Computação	Administradores	Desenvolver aplicações, Sistemas Operacionais e Armazenamento	Compra e manutenção de hardwares e softwares da plataforma da Infraestrutura	Amazon Elastic Compute Cloud

Fonte: Adaptado de Agrawal e Gupta, 2017.

3.5.3. Plataformas SaaS para produção de *web maps* e *web GIS*

Entre as diversas plataformas SaaS disponíveis atualmente, optou-se por abordar três destas, sendo: ArcGIS MapViewer e ArcGIS Web App Builder do ArcGIS Online e o QGIS Cloud. Nesta seção estão apresentadas cada uma destas plataformas.

3.5.3.1. ArcGIS MapViewer

É um aplicativo do portal ArcGIS *Online* que permite a visualização, projeção e armazenamento de mapas da *web*. Ele permite salvar, compartilhar e criar aplicativos da *web* mais simplificados (ESRI, 2020).

3.5.3.2. ArcGIS Web App Builder

A plataforma SaaS da ESRI, o ArcGIS Online, permite o uso de diversos serviços de criação de conteúdos cartográficos e de aplicativos para a *web*. Um destes recursos é o ArcGIS Web App Builder, que se trata de um aplicativo intuitivo que permite a criação de novos aplicativos para a *web*, sem a

necessidade de conhecimentos de programação, suportando o desenvolvedor sem a obrigatoriedade de se construir linhas de códigos (ESRI, 2021).

Por meio dele, é possível desenvolver um aplicativo de WebGis completo com uma diversidade de ferramentas e de maneira hospedada diretamente na nuvem ou por meio de um servidor proprietário.

3.5.3.3. QGISCloud

É uma estrutura de dados espaciais, do inglês *spatial data infrastructure* (SDI), que permite a publicação de mapas e dados na internet. O QGIS Cloud fornece tais serviços sem a necessidade do usuário ou desenvolvedor possuírem infraestruturas robustas, servidores ou conhecimentos avançados. Para publicar os dados desejados, basta possuir o QGIS desktop e seu plugin instalado ao computador.

Os serviços fornecidos pela plataforma são:

- Criação de mapas
- Gerenciamento de dados sob uma base de dados PostgreSQL 9, estendida com o PostGIS 2.
- Compartilhamento de dados e informações em padrões WMS, WFS e WFS-T da *Open Geospatial Consortium* (OGC).
- Impressão de mapas com WMS em resolução de até 1200 dpi.

3.6. Problemáticas atribuídas ao uso e desenvolvimento dos *web maps* e *web GIS*

Apesar das diversas vantagens atribuídas ao uso dos *Web Maps* e *Web GIS*, existem alguns problemas associados a seu desenvolvimento e usos.

Para Mooney & Juhász (2020), a quantidade de plataformas de criação de *Web Maps* com interfaces amigáveis ao usuário proporcionam oportunidades de uso a indivíduos com pouco conhecimento técnico em cartografia ou GIS. Conseqüentemente, cria-se uma dispersão de mapas com qualidades questionáveis. Alguns mapas podem ser criados sob uma boa intenção, mas

podem sofrer do excesso de dados, com uma pobreza de informações, podendo criar uma oportunidade de desinformação e má interpretação a outros usuários. Segundo o autor, em sua a pesquisa focada na disseminação de informações da Covid-19 por meio de *Web Maps*, os principais problemas encontrados sobre o assunto foram: escalas e unidades incorretas e/ou inconsistentes; uso incorreto do gráfico de bolhas (variável tamanho: mapas de símbolos proporcionais) e mapas de calor (*heat maps*); excesso de pontos de coordenadas indicando casos de covid-19 ou instalações médicas; uso de gradação de cores ou classificação de cores de forma pobre; uso predominante de mapas de cores em detrimento de outras formas equivalentes; mapas com ausência de normalização; de forma geral, mapas pobres no design.

Para Popelka et al. (2019), o principal problema encontrado em plataformas de mapas na *web* foi a desnecessária quantidade de funcionalidades e a quantidade excessiva de legendas para um pequeno espaço de campo.

Já Steinrücken & Plümer (2013), encontraram problemas relacionados à capacidade flexível das plataformas produzirem mapas, onde usuários podem combinar mapas já existentes, com formas diversas, e gerar novos mapas com novas informações. Tal abordagem pode ser chamada de *Mapping on Demand* (Mapeamento sob Demanda), que é prática de um ponto de vista, mas pode trazer resultados que são frequentemente insatisfatórios. Ao combinarem camadas de serviços diferentes, a definição de cores e formas são definidas com independência, o que gera uma dificuldade de usuários distinguirem objetos ou temas. Portanto, a representação dos mapas muitas vezes não vem de encontro aos conceitos da cartografia e, dessa forma, não geram a função de comunicar com eficiência.

Schnur, Bektaş & Çöltekin (2017) encontraram a necessidade de se analisar a complexidade de *Web Maps* disponíveis aos usuários, uma vez que os desenvolvedores de materiais cartográficos devem levar em consideração a percepção e capacidade de compreensão do conteúdo pelo usuário.

Honglei & Wenming (2020) atribuem excessivos dispêndios de recursos quando os *Web Maps* são desenvolvidos, hospedados e mantidos por

arquiteturas *standalone*, em que os componentes se encontram disponíveis localmente, necessitando de servidores web, banco de dados e API a serem custeados pelas instituições. Além disso, apesar dos esforços de se manter tais ferramentas nessa arquitetura, muitas das funcionalidades não se diferem entre as plataformas, apontando para um desperdício de recursos.

3.7. Pesquisas, Tecnologias e Análises para mitigação das problemáticas associadas

Entendido que há uma série de problemáticas associadas aos *Web Maps/Web GIS*, se torna necessário compreender quais são as tecnologias e metodologias para analisar tais problemas e propor soluções. Dessa forma, nesta seção, são apresentados os resultados obtidos por pesquisas focadas nessas problemáticas, e como os autores encontraram soluções para tais.

Popelka *et al.* (2019), em seu estudo “*Eye-tracking Evaluation of Weather Web Maps*” (Avaliação de rastreamento ocular de mapas da web do tempo), traz uma análise de como os usuários percebem *Web Maps* de maior nível de complexidade. Para isso, os pesquisadores selecionaram seis *Web Maps* de informações climáticas, que têm as complexidades visuais esperadas. Para medir a eficiência dos mapas em apresentar informações específicas (que foram atribuídas como tarefas a serem executadas), foi aplicado um método de rastreamento do movimento ocular dos participantes. Utilizando um equipamento *SMI RED 250 eye-tracker*, suplementado por gravações de áudio e vídeo, com definição das métricas de tempo de duração do teste, contagens de fixação ocular e comprimento do caminho de varredura (distância entre áreas visualizadas em uma mesma sequência), os pesquisadores definiram o nível de complexidade de cada *Web Map*.

Segundo os pesquisadores, quando há um longo tempo de duração do teste, por exemplo, indica problemas na interface de usuário ou complexidade da tarefa. Já uma grande quantidade na contagem de fixação ocular indica o baixo nível de pesquisa ou uma interface de usuário inapropriada. Por último, o comprimento do caminho de varredura indica uma menor eficiência de pesquisa de informações nos *Web Maps*.

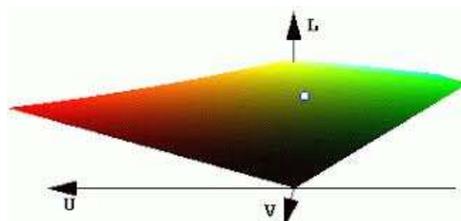
Como resultado, foi encontrado que os usuários utilizaram os mapas de forma simplificada, não explorando funcionalidades escondidas. Se um painel de controle tem elementos expansíveis, os usuários só os explorariam depois de analisar todos os elementos anteriores. Portanto, elementos interativos dos mapas só foram explorados depois dos usuários se acostumarem com o mapa. A interatividade do mapa não foi um problema, desde que não contivesse muitas opções ou informações. Mapas estáticos tiveram resultados melhores do que aqueles dinâmicos. Usuários menos experientes demonstraram ter mais interesse no conteúdo dos mapas do que nas funcionalidades do Web Map. Os autores indicam que produtores cartográficos podem fazer uso de tais considerações ao desenvolver suas aplicações, uma vez que a complexidade e oferta de funcionalidades dependerá do público alvo. Se os projetistas esperam que o uso dos *Web Maps* sejam feitos por *experts*, então o conteúdo mais rico e uma quantidade maior de funcionalidades é recomendável.

Os autores ainda aplicaram um teste em que os participantes deveriam expressar verbalmente a execução das tarefas. Através da análise dos resultados deste teste em conjunto com o *Eye Tracking*, foi concluído que a análise com base no usuário tem se mostrado não ser um método muito preciso a respeito da qualidade de geovisualização e mapas. Infelizmente, devido a necessidade de se manter o foco na resolução da tarefa, o usuário não registra seu descontentamento com a plataforma. Dessa forma, não foi possível registrar adequadamente a percepção do usuário sobre o uso do produto. A partir desses resultados, novas pesquisas e desenvolvimentos de produtos *Web Maps* devem se alicerçar em diferentes métodos, e não somente aqueles dependentes do retorno do usuário.

Steinrücken & Plümer (2013) em seu artigo "*Identification of Optimal Colours for Maps from the Web*" (Identificação de cores ótimas para mapas da web) partem da hipótese que um dos principais problemas de visualização de mapas na web é a ausência de contraste entre cores de objetos de camadas diferentes. A partir dela, os autores fazem uma abordagem matemática baseada na distância espacial de cores no sistema CIELUV. O sistema espacial CIELUV (Figura 2) é um diagrama tridimensional em que o eixo L^* define a luminosidade,

enquanto u^* e v^* definem a matiz de cor. O eixo u^* define entre as cores verde-vermelho e o eixo v^* para azul-amarelo.

Figura 2– Sistema espacial CIELUV



Fonte: Ibraheem et al., 2012.

A cor ótima a se escolher entre diferentes formas é aquela que mais se distancia no sistema espacial CIELUV daquela encontrada em uma outra forma já localizada anteriormente.

Schnur, Bektaş & Çöltekin (2017), em “*Measured and perceived visual complexity: a comparative study among three online map providers*” (Complexidade visual medida e percebida: um estudo comparativo entre três fornecedores de mapas online), definem que a avaliação da complexidade de mapas por medida do usuário pode se tornar complexa, devido à dificuldade em se definir o que são as complexidades visuais e as complexidades intelectuais. A complexidade visual, frequentemente, se refere ao conteúdo apresentado e o que se percebe visualmente e como se processa a informação disponibilizada (Bertin, 1983). Já a complexidade intelectual se refere ao significado semântico atribuído ao que se visualizou.

Para medir a complexidade visual, os autores tomaram uso de três diferentes métodos, dois deles baseados em algoritmos e um novo método criado por eles. Os métodos por algoritmos foram os de *Feature Congestion* (FC) e a medida de Entropia. O novo método proposto pelos autores se baseou em uma simples contagem de objetos de categorias diferentes. Para definir como medida de percepção dos usuários, foi disponibilizado um formulário a 130 participantes que retornaram a complexidade visual percebida por estes, para cada *Web Map* analisado.

Os resultados principais obtidos pelos autores seguem abaixo: 79% dos participantes responderam que a complexidade dos mapas foi resultado de um

número excessivo de objetos e formas, 65% indicaram que estes tinham muitos textos ou rótulos e 48%, destes, indicaram diversidade de cores como fator de complexidade. De acordo com os resultados encontrados por eles, o número de objetos tem maior impacto do que o número de cores apresentadas. A abordagem de contagem de objetos obteve resultados semelhantes ao da percepção dos usuários. Os métodos FC e SE apresentam uma ligeira melhor assertividade com a percepção do usuário. Ainda assim, os autores concluíram que o método de contagem de objetos tem potencial e merece estudos mais aprofundados. Por fim, os autores ainda encontraram que a mudança de escala (*zooming*) em um *Web Map* pode mudar a percepção da complexidade em usuários.

3.8. Criação do Material Cartográfico

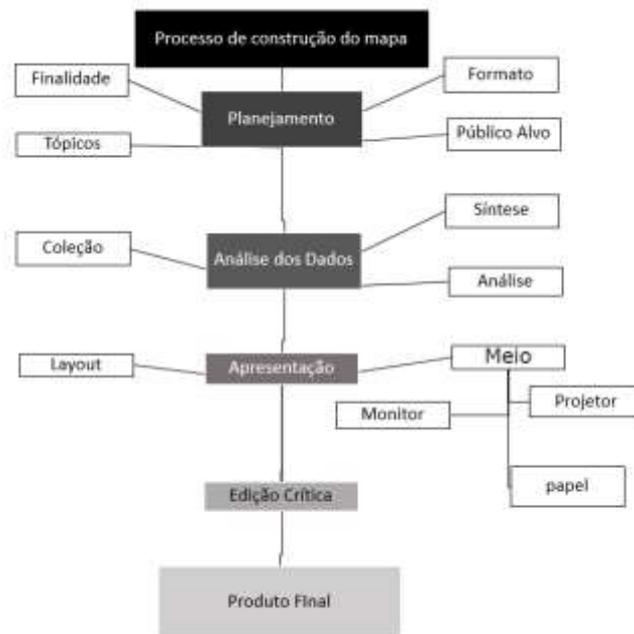
Mediante a frequência de surgirem problemáticas nas representações cartográficas em *Web Maps*, torna-se preponderante que se adote medidas para a redução da probabilidade de estas ocorrerem no produto final da dissertação.

Uma medida indicada é a de aplicar os marcos teóricos da cartografia temática na produção do *Web Map* a partir dos dados do Rio Vivo.

A cartografia temática é uma divisão oficial da cartografia brasileira que aborda todas as etapas da elaboração de um mapa, com o objetivo de adequar a complexidade de informações ao usuário (SAMPAIO, 2019). De forma resumida, a cartografia temática tem por ênfase o processo de comunicação, diferindo das demais áreas da cartografia, que focam as qualidades geométricas e posicionais de dados geoespaciais. No processo de produção cartográfica, dessa ciência, o tipo de material é definido pelo usuário final, onde o cartógrafo adequa o mapa e seus objetos de acordo com as avaliações recebidas.

Segundo TYNER (2017), as etapas de construção do material cartográfico devem seguir as etapas descritas na Figura 3.

Figura 3 – Organograma do processo de construção do mapa



Fonte: Tyner (2017)

Durante a fase de Planejamento deve ser observada a finalidade do material gráfico, quais tópicos serão abordados pelo mapa, qual formato adequado para ser apresentado e o público alvo que se deseja atender. Nesse ponto da produção, pode ser decidido elaborar um mapa ou apresentar os dados em outros formatos, como gráficos e tabelas. Essa decisão dependerá da viabilidade de uso, do perfil de usuários, da natureza da informação e sua finalidade.

Na etapa de Análise dos Dados se definirá o tipo de material final, de acordo com as características dos usuários. Já na etapa de Definição da Forma de apresentação, escolhe-se o tamanho e disposição dos elementos gráficos.

A Edição Crítica é uma das principais etapas da produção cartográfica, pois nesta fase é que se submeterá o material produzido a uma amostra de usuários do público alvo do material. Serão avaliadas as funcionalidades, utilidades e legibilidade do produto.

O processo de produção cartográfico também pode ser representado pelo fluxograma da Figura 4, logo abaixo. Observa-se que a edição crítica é realizada repetidas vezes, que neste fluxograma pode ser entendida como o

conjunto de análise de layout e percepção, ajustes, testes com usuários, e a edição de uma nova versão. Este processo de edições de novas versões, testes com usuários e ajustes se repetirá até que se alcance um nível de qualidade esperado para o material gráfico final.

Figura 4 - Diagrama do processo de produção cartográfica



Fonte: Adaptado de Tyner (2017)

3.9. ISO NBR 9241-11 de 2002: importância, medidas e processo metodológico

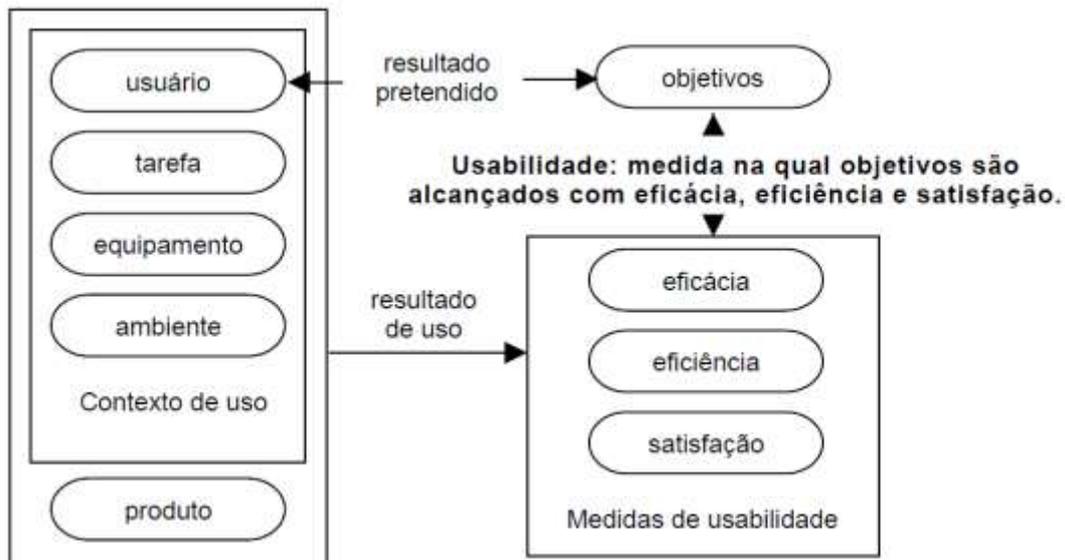
Uma forma de medir a qualidade do produto de acordo com a experiência dos usuários é a de aplicar uma análise de usabilidade por meio ISO NBR 9241-11 de 2002. Este método, apesar de pouco visto na produção de material cartográfico, possui uma considerável utilização em pesquisas relacionadas a fatores humanos (Abran *et al.*,2003).

Os produtos e projetos, ao serem lançados ao público, podem apresentar diversos problemas durante a experiência dos usuários. Entre os problemas, têm-se as dificuldades de alcançar os objetivos propostos, muitas vezes resultando em tarefas não completadas com sucesso. Esse primeiro problema pode ser medido pelo nível de eficácia do produto/projeto, que é a acurácia e completude com as quais usuários alcançam objetivos específicos. Outro problema enfrentado por usuários de tais produtos é o custo dispendido para alcançar os objetivos propostos pelo aplicativo, os custos abrangem não somente os monetários, mas também os recursos dispendidos para executar a tarefa, como esforço mental, físico e tempo necessário. Se ao utilizar o produto o usuário emite diversas críticas e reclamações quanto ao conforto geral na

experiência de se alcançar os objetivos propostos, o nível de satisfação deverá ser observado pelo projetista/desenvolvedor. Juntos, os três pontos apresentados compõem a medida de usabilidade de um produto ou projeto, sendo ela a eficiência, eficácia e satisfação do usuário ao experimentá-lo.

Para garantir o resultado pretendido, que é o de apresentar uma boa medida de usabilidade, a ISO NBR 9241-11 de 2002 define um marco metodológico de como alcançá-lo. A norma propõe uma estrutura que descreve os componentes de usabilidade e o relacionamento entre estes. Tal estrutura pode ser vista na Figura 5, abaixo:

Figura 5 – Metodologia de avaliação da ISO 9241-11:2002



Fonte: ISO 9241-11:2002

O produto é definido por diversos componentes e visa alcançar um objetivo específico. A interação entre os diversos componentes do produto, como ambiente, equipamento e a especificidade do usuário ao executar uma tarefa imprimem o resultado de uso, que pode ser avaliado por meio das medidas de usabilidade.

Para medi-la ou especificá-la, são necessárias algumas informações, como a descrição dos objetivos pretendidos, a descrição de usuários,

equipamentos e ambientes. Além desses, são necessários os valores reais ou desejados de eficácia, eficiência e satisfação.

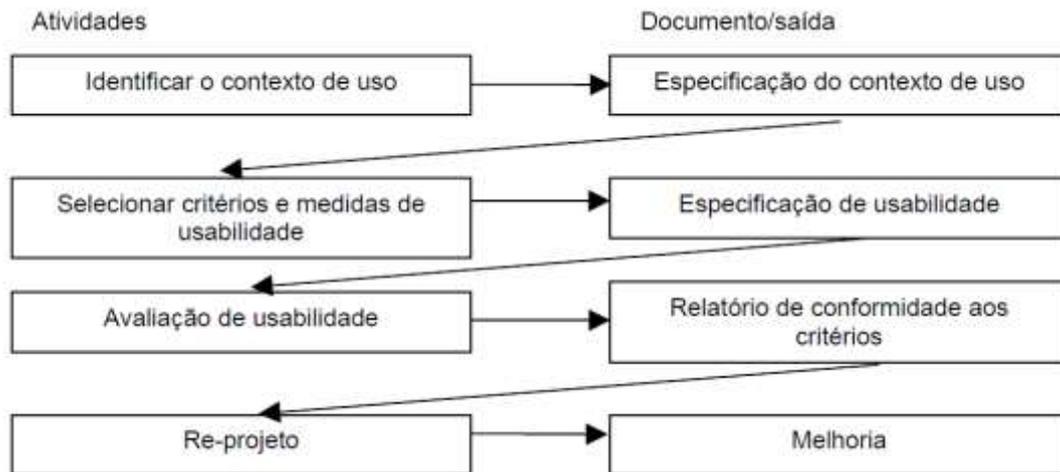
A escolha de medidas a serem utilizadas para cada componente de usabilidade podem seguir critérios semelhantes aos descritos na norma:

- **Eficácia:** A eficácia pode ser medida pelo número de erros e acertos ao se realizar uma tarefa ou se o usuário conseguiu alcançar a completude da tarefa proposta.
- **Eficiência:** Nível de eficácia alcançada pelo dispêndio de recursos. Número de vezes que se alcançou o objetivo dividido pelo esforço (tempo, medida de esforço cognitivo ou físico, até dispêndio de recurso financeiro).
- **Satisfação:** Medido pelo retorno de comentários dos usuários mediante o uso do produto. Quantidade de avaliações em uma escala definida, etc.

A especificação de requisitos de usabilidade deve ser fichada, de forma a ficarem registrados os detalhes do contexto de uso do produto em elaboração. As características de usuários devem estar claras, sobre o nível de familiaridade com o tipo de produto, nível e treinamento, além de limitações físicas e mentais possíveis. As tarefas devem ser descritas em seus detalhes, sobre quais são as atividades executadas para alcançar o objetivo, as características que podem influenciar a usabilidade, a exemplo da frequência e duração da tarefa. Os equipamentos utilizados para uso do produto devem ser descritos a respeito do hardware, software e o conjunto de materiais associados. O ambiente é uma das variáveis na medida de usabilidade e deve ter suas características relevantes registradas, seja física, seja social.

Todo o processo de análise de usabilidade do *Web Map* segue o prescrito pela ISO NBR 9241-11:2002, conforme mostrado na Figura 6.

Figura 6 – Fluxograma de aplicação da análise de usabilidade



Fonte: ISO 9241-11

Assim como descrito na norma, essa metodologia permite estabelecer uma comparação com critérios específicos para se realizar uma escolha entre produtos já disponíveis, optando-se por aquele que atende melhor as necessidades do usuário. Ela também permite que se considere de forma adequada a melhoria de um produto em fase de desenvolvimento, fornecendo ao desenvolvedor uma série de subsídios de escolhas de aprimoramento.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho teve como princípio a disponibilização dos dados de diagnósticos ambientais executados pela iniciativa Rio Vivo do Comitê de Bacia Hidrográfica do rio Piranga. Para isto, foram solicitados os dados dos produtos entregues a Agência de Bacia. Desta forma, essa pesquisa buscou trabalhar com as informações do Lote 1 do Ato Convocatório Ibio nº 04/2017. Os municípios abordados foram os de Amparo do Serra, Barra Longa, Desterro do Melo, Mariana, Oratórios, Piranga, Ponte Nova e Ressaquinha.

4.1. A iniciativa Rio Vivo

Com o intuito de buscar o aprimoramento dos aspectos ambientais na bacia do rio Doce, os Comitês de Bacia Hidrográfica investiram os recursos da cobrança pelo uso da água em uma iniciativa que abrangeu as três bacias da cabeceira do rio Doce. Tal iniciativa reuniu três programas previstos no Plano Integrado de Recursos Hídricos, sendo eles o Programa de Controle das Atividades Geradoras de Sedimentos (P12), o Programa de Saneamento Básico (P42) e o Programa de Recomposição de Áreas de Preservação Permanente e Nascentes (P52). No total, foram reservados os investimentos de 9,4 milhões de reais para contemplar 6.400 propriedades rurais em 54 municípios (CBH-Doce, 2017).

Para o CBH do rio Piracicaba foram reservados 3,6 milhões de reais, ao passo que para o comitê do rio Santo Antônio o investimento previsto foi de 2,7 milhões. No CBH Piranga, o investimento previsto foi de 3,1 milhões de reais para contemplar até 1560 propriedades rurais. O Quadro 2 traz os valores de investimento e a quantidade de propriedades contempladas em cada uma das três bacias, conforme verificado no sítio eletrônico do Comitê de Bacia do rio Doce (CBH-Doce, 2017).

.Quadro 2 - Investimentos do Rio Vivo nas bacias da cabeceira do rio Doce

Bacia	Municípios Contemplados	Propriedades rurais	Investimentos reservados (R\$ em mi)
Piranga	13	1560	3,1
Piracicaba	20	3000	3,6

Santo Antônio	13	1300	2,7
---------------	----	------	-----

Fonte: CBH Doce, 2017

Para o melhor entendimento da iniciativa, é necessária a compreensão de quais são os programas que a formaram. Portanto, resumiu-se o descritivo de cada programa segundo o Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Doce - PIRH-Doce.

P12 – Programa de Controle das Atividades Geradoras de Sedimentos – Segundo o PIRH-Doce, este programa se ocupa de contemplar ações de diagnóstico, mapeamento, caracterização de processos erosivos e controle de áreas geradoras de sedimentos, com ênfase as estradas vicinais (estradas rurais não pavimentadas, que não possuem o controle dos escoamentos gerados mediante a eventos de precipitação) (Eco-Lume, 2010). O escopo do programa prevê a identificação do potencial erosivo da bacia por meio do sensoriamento remoto, com o uso de modelos numéricos de elevação e de erosão. Além disso, prevê visitas a campo para identificação de processos erosivos in situ.

P 42 - Programa de Expansão do Saneamento Rural – Sob a prerrogativa de que o saneamento ambiental deve se estender a população rural, este programa foi instituído. Um ponto importante do entendimento de como se deve ocorrer o saneamento nesta população é que deve ser previsto o tratamento para dejetos de animais, como o de rebanhos. Com o objetivo da melhoria gradativa da qualidade de vida rural e a redução da disposição de material contaminante e que possa reduzir a qualidade das águas, este programa visa viabilizar a implantação de sistemas de abastecimento de água, coleta e tratamento de efluentes com a destinação adequada dos resíduos.

P 52 - Programa de Recomposição de APPs e Nascentes – Mediante a preocupação com a proteção de mananciais, rios e demais áreas de preservação permanente os CBHs da bacia do rio Doce, por meio do PIRH-Doce, propuseram um programa dedicado a mapear, identificar, caracterizar e recuperar nascentes pilotos para obtenção de dados de base para reproduzir os métodos mais eficientes e eficazes para as demais regiões da bacia. O objetivo

do programa é o de buscar uma melhoria gradativa da qualidade ambiental, de modo a reduzir a produção de sedimentos e aumentar a disponibilidade dos recursos hídricos. A aplicação de metodologias de recuperação destas nascentes e APPs se baseia na capacidade de as matas ciliares exercerem a função de retenção dos sedimentos, de modo a não se alcançar corpos d'água. Ainda, segundo PIRH-Doce, o escopo de trabalho previa a implantação de dez unidades pilotos ao longo de toda a bacia do rio Doce. Nestas unidades seriam monitorados os processos de geração e transporte dos sedimentos após as intervenções de proteção das Áreas de Preservação Permanentes (APPs) por um período de cinco anos. Além disso, seriam definidas as estratégias de divulgação dos resultados e apoio a iniciativas individuais de recuperação de nascentes.

4.1.1. Da área e arranjo de atuação do Rio Vivo

Com face a viabilizar as ações de melhoria ambiental objetivadas pelo Rio Vivo, a iniciativa foi dividida em duas etapas. A primeira foi relativa ao planejamento, diagnóstico e produção do projeto das intervenções necessárias e a segunda relativa à execução destes (IBIO AGB Doce, 2016).

O Edital de Chamamento Público nº 01/2016 da bacia do rio Piranga foi responsável pela abertura da manifestação de interesse dos municípios e entidades da sociedade civil para participação do portfólio de programas. Segundo este mesmo edital, para a segunda etapa do Rio Vivo foram previstas diversas ações de intervenções estruturais, mecânicas e de recomposição da flora. No Quadro 3, estão previstas todas as ações que poderiam ser adotadas para cada área de intervenção.

Quadro 3 - ações previstas para a etapa dois do rio vivo

Programa de Controle das Atividades Geradoras de Sedimentos (P12)	Construção de barraginhas para captação de águas de chuva e/ou caixas secas para retenção de água de chuva e enxurradas.
	Implantação de curvas de nível e/ou cordões de contorno.
	Adequação de estradas rurais em trechos piloto. Trechos piloto de recuperação/adequação de estradas vicinais;
	Quebra de barrancos, abaulamento das estradas, construção de saídas laterais, lombadas, bacias de contenção (caixas secas);
	Realização do Cadastro Ambiental Rural (CAR).

Programa de Recomposição de APP e Nascentes (P52)	Efetuar o cercamento para proteção contra o pisoteio animal, principalmente nas APP hídricas (nascentes).
	Recuperação da vegetação nativa das áreas de Proteção Permanente (APP) hídricas, por técnicas de condução da regeneração natural, enriquecimento e Plantio (utilizando, onde possível, sistemas agroflorestais, de acordo com a legislação vigente).
Programa de Expansão do Saneamento Rural (P42)	Instalação de estruturas para tratamento de esgoto de baixo custo de instalação e de operação.
	Instalação de pontos de entrega voluntária de resíduos.
	Instalação de sistemas de captação de água de chuva.

Fonte: IBIO, 2016.

Por fim, foram classificados treze municípios como elegíveis a participar do Rio Vivo, sendo estes: Guaraciaba, Presidente Bernardes, Amparo do Serra, Viçosa, Cajuri, Desterro do Melo, Mariana, Oratórios, Paula Cândido, Ponte Nova, Ressaquinha, Barra Longa, Piranga (IBIO, 2016).

Para contratação e execução dos programas, foi lançado o Ato Convocatório IBIO AGB Doce nº 04/2016. A fim de otimizar a produção dos diagnósticos, a bacia do rio Piranga foi dividida em dois lotes. O primeiro possuía uma cota de possíveis 960 imóveis em oito municípios a serem contemplados pela iniciativa, enquanto o segundo lote forneceu 600 imóveis rurais em cinco municípios. Por conseguinte, os municípios ficaram divididos desta forma:

- Lote 1: Ressaquinha, Desterro do Melo, Mariana, Barra Longa, Ponte Nova, Oratórios, Amparo do Serra e Piranga.
- Lote 2: Viçosa, Guaraciaba, Presidente Bernardes, Paula Cândido e Cajuri.

Segundo o mesmo edital, as ações executadas teriam como propósito a confecção de oito entregas, conhecidas como produtos. A descrição de cada um destes é apresentada no Quadro 4, que segue abaixo:

Quadro 4- Produtos gerados pelo Rio Vivo

Produtos	Conteúdos Gerais	Abrangência
Produto 1 - Plano de Trabalho	Reuniões iniciais; mobilização; equipe; calendário de reuniões; cronograma;	Por lote

Produtos	Conteúdos Gerais	Abrangência
	metodologia do trabalho; definição de conceitos.	
Produto 2 - Validação das microbacias de atuação	Coleta e conferência de coordenadas geográficas dos pontos de captação de água para abastecimento público do município; formação da Unidade Gestora de Projetos (UGP); ordem de prioridade das microbacias, quando mais de uma no município; situação das outorgas dos pontos de captação de água para abastecimento público.	Por município
Produto 3 - Plano de Mobilização Social e Educação Ambiental	Reuniões iniciais; mobilização; equipe de mobilização e educação ambiental; calendário de eventos; cronograma; metodologia do trabalho; definição de conceitos.	Por município
Produto 4.1 - Diagnóstico Ambiental do Imóvel Rural	Diagnósticos ambientais dos imóveis rurais no âmbito dos programas P12, P52 e P42; Fichas de Diagnóstico; Termos de Adesão.	Por imóvel
Produto 4.2 - Diagnósticos Ambientais Compilados	Dados compilados; planilhas de dados brutos; gráficos; mapas.	Por município
Produto 5 - Cadastro Ambiental Rural (CAR) do imóvel rural	Elaboração dos Cadastros Ambientais Rurais (CAR) dos imóveis rurais de até 4 módulos fiscais.	Por imóvel
Produto 6.1 - Projeto de Adequação Ambiental do Imóvel Rural	Projetos de intervenção ambiental no âmbito dos programas P12, P52 e P42, conforme diagnóstico realizado; Termos de Anuência	Por imóvel
Produto 6.2 - Projetos Ambientais Compilados	Dados compilados; planilhas de dados brutos; gráficos; mapas.	Por município
Produto 7 - Termos de Referência Temáticos para Execução de Projetos, Capacitação Técnica e Análise Inicial dos Parâmetros de Monitoramento	Termos de Referência para contratação de empresa(s) para execução de projetos, capacitação técnica e análise inicial dos parâmetros de monitoramento	Por município

Produtos	Conteúdos Gerais	Abrangência
Produto 8 - Termo de Referência Temático para Monitoramento	Termo de Referência para contratação de empresa(s) para monitoramento posterior de parâmetros de quantidade e qualidade de água e do meio ambiente.	Por município

Fonte: Adaptado de IBIO, 2017

4.2. Obtenção dos dados

Os dados dos produtos 4.2 do Rio vivo foram obtidos por meio de uma solicitação direta a Agência de Bacia, Instituto BioAtlântica – IBIO, via ofício por e-mail enviado em 21 de maio de 2020.

Foram solicitados os arquivos de dados geográficos em formato *xlsx* e *shapefile*, além dos relatórios socioambientais dos Produtos 4.1 e 4.2 dos programas P12, P42 e P52 do PIRH-Doce.

As informações requisitadas foram as de:

- Ponto de captação de água;
- Pontos de erosão
- Nascentes;
- Pontos de lançamento de esgoto;
- Fossa;
- Cursos d'água;
- APPs hídricas; e
- Estradas vicinais e caminhos de serviço.

4.3. Tratamento e compilação dos dados

A compilação dos dados foi realizada sob o princípio de simplificação da quantidade de camadas. Desta forma, coletou-se as camadas que estavam divididas por municípios e as agrupou por tema.

A exemplo, foram coletadas todas as camadas de pontos de captação de todos os imóveis de todos os municípios que foram obtidas na solicitação do item 3.7 e unidas como uma única camada. O mesmo foi repetido para todas as demais informações requisitadas. Para realizar essa simplificação, foi utilizado o programa QGIS Desktop 3.12 com o comando de unir camadas vetoriais.

O tratamento dos dados consistiu em organizar a tabela de atributos das camadas unidas, uma vez que, para cada conjunto de dados por município, as colunas de atributo possuíam cabeçalhos diferentes. Foram alterados os cabeçalhos destas colunas, utilizando-se títulos comuns para que fossem compiladas em uma só. Outras colunas que possuíam dados repetidos, mas com títulos diferentes foram removidas das camadas.

Além disso, os arquivos das camadas foram exportados no programa como arquivos Shapefile por ser um formato de fácil realização de *upload* no sistema da ESRI.

4.4. Escolha da Plataforma de *web GIS* do aplicativo.

Neste trabalho, optou-se por utilizar uma plataforma SaaS para prover os serviços de *webmapping*, devido aos menores custos iniciais, como infraestrutura inicial, e de manutenção, aquisição de novos softwares e hardwares, conforme Agrawal e Gupta (2017). Apesar de existirem maiores riscos de privacidade e de segurança associados, a natureza pública e de acesso livre das informações utilizadas reduz as consequências de vazamento de informações sigilosas

A plataforma adotada foi a ArcGis *Web App Builder* da ESRI.

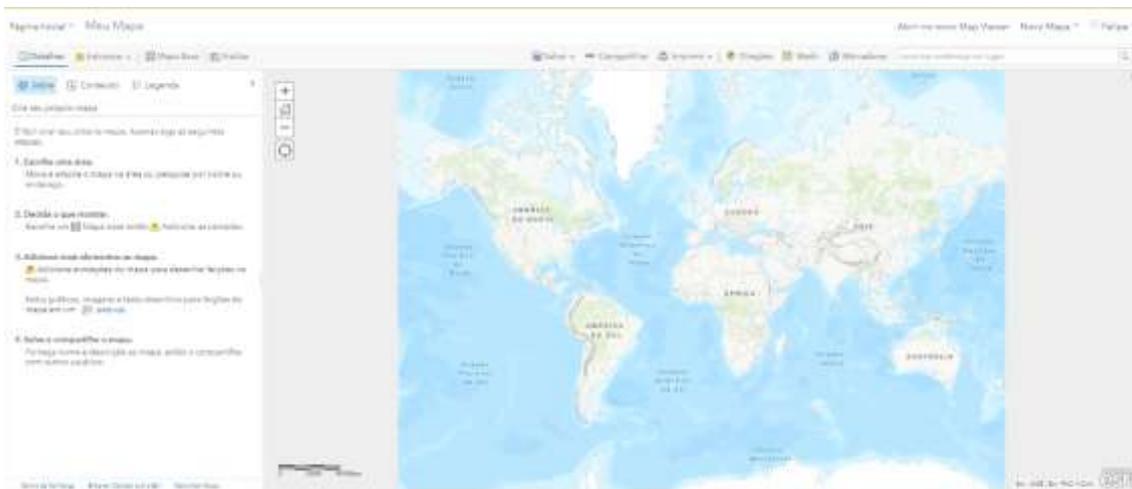
Por se tratar de um aplicativo pago, por assinatura ou por campanha de créditos, foi solicitada uma conta da organização Learn ArcGIS. Conforme já mencionado, esta conta permite a estudantes a criação de aplicativos sem fins comerciais.

4.5. Criação do *web GIS* no ArcGIS *Web App Builder*

Para criar um *web GIS* no sistema da ESRI, primeiramente, é necessário criar um mapa. Portanto, cada mapa foi criado no Map Viewer Clássico – uma plataforma de criação de *webmaps* da ESRI que permite a importação de

arquivos de camadas em formatos GEOJSON e Shapefile. A tela inicial do Map Viewer Clássico segue na Figura 7, abaixo.

Figura 7 - Tela inicial do MapViewer

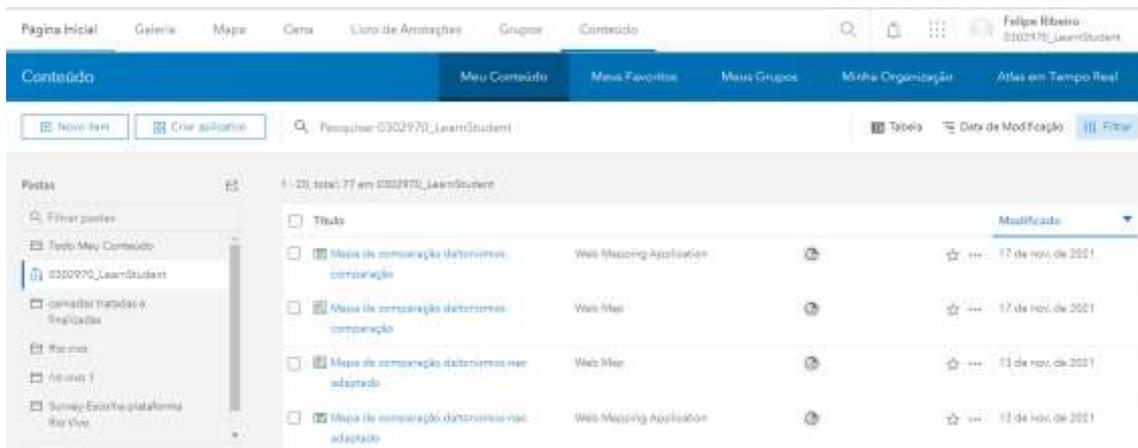


Fonte: Autor, 2021.

Para criar um novo mapa, deve-se escolher uma área de interesse a se visualizar (por meio dos botões de na vegação – zoom, barra de pesquisa, etc). Em seguida, escolhe-se o “mapa de base” – que será a imagem de fundo– e, então, adiciona-se as camadas de interesse, seja do arquivo de computador, da pasta de organização no perfil ESRI ou de outras que estão na biblioteca de arquivos da ESRI, o Atlas em tempo real.

Desta forma, nesta pesquisa foi realizada a subida de arquivos para o conteúdo da conta criada anteriormente. As camadas foram enviadas em formato SHAPEFILE, compactadas em arquivos ZIP. Uma vez disponíveis na sessão “Meu conteúdo”, as camadas foram adicionadas em novos mapas. Cada um foi criado por meio do botão “Mapa”, que se localiza no menu superior da página inicial da conta Learn.

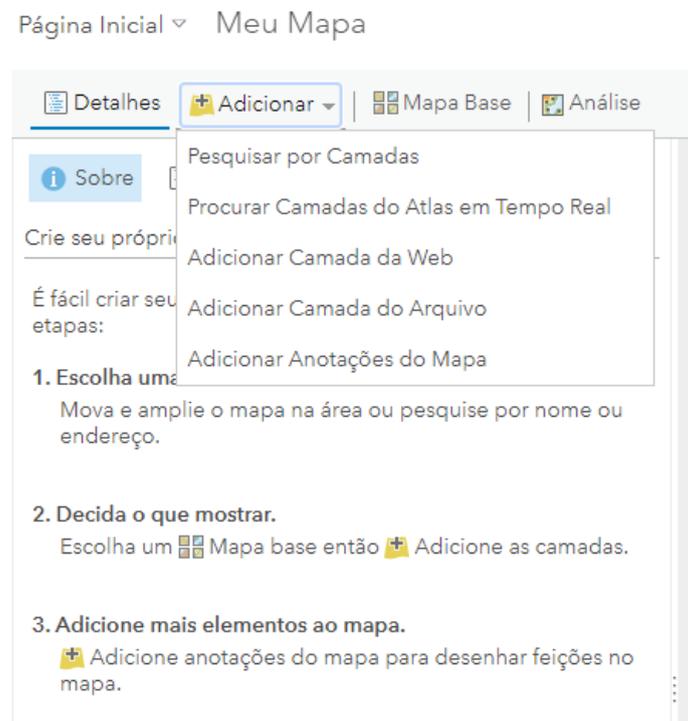
Figura 8 - Página do ArCGIS Online: Seção de Meu Conteúdo



Fonte: Autor, 2021.

As camadas foram adicionadas aos novos mapas por meio do botão “Adicionar” e na seção “Pesquisar por Camadas” (Figura 9). Então, foi selecionado pesquisar pela camada em “meu conteúdo” e digitou-se o nome do arquivo de interesse (Figura 10).

Figura 9 - Botão de adicionar dados no MapViewer



Fonte: Autor, 2021.

Figura 10 - Camada pesquisada no menu de pesquisar por camadas

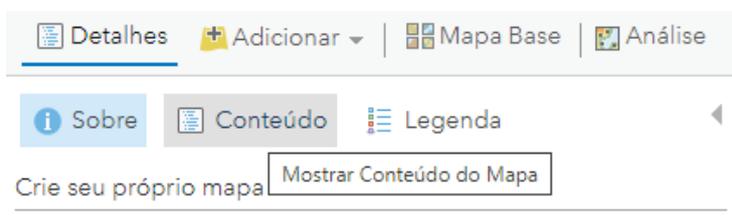


Fonte: Autor, 2021.

Após isto, a camada é adicionada por meio do botão “Adicionar”, representado pelo símbolo de “+” dentro de um círculo, conforme a figura anterior. Estes passos foram realizados para todas as camadas que iriam compor o mapa de cada versão.

Uma vez adicionadas as camadas necessárias, foi procedido para a configuração de representação cartográfica de cada camada. Para acessar o conteúdo adicionado, foi acionado o botão “Conteúdo” dentro do menu “Detalhes” que se localiza no canto superior esquerdo da tela do MapViewer, conforme Figura 11.

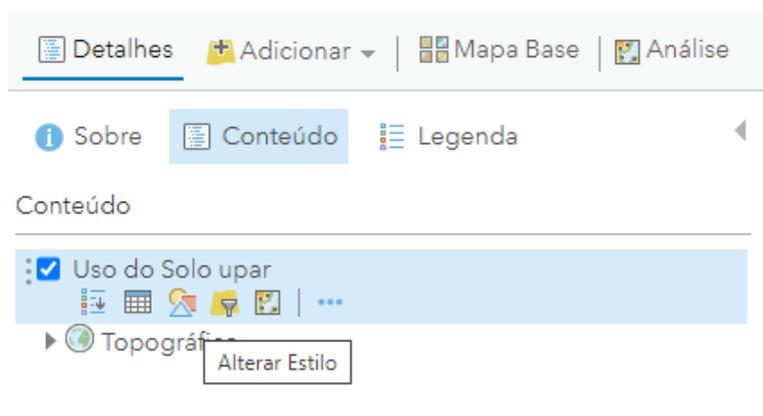
Figura 11 - Menu de conteúdo do web map no Map Viewer



Fonte: Autor, 2021.

Ao clicar na camada de interesse a se configurar, foi apresentado um novo menu para configuração avançada desta. O terceiro botão disposto da esquerda para a direita permite a configuração da representação cartográfica – denominado “Alterar Estilo” (Figura 12).

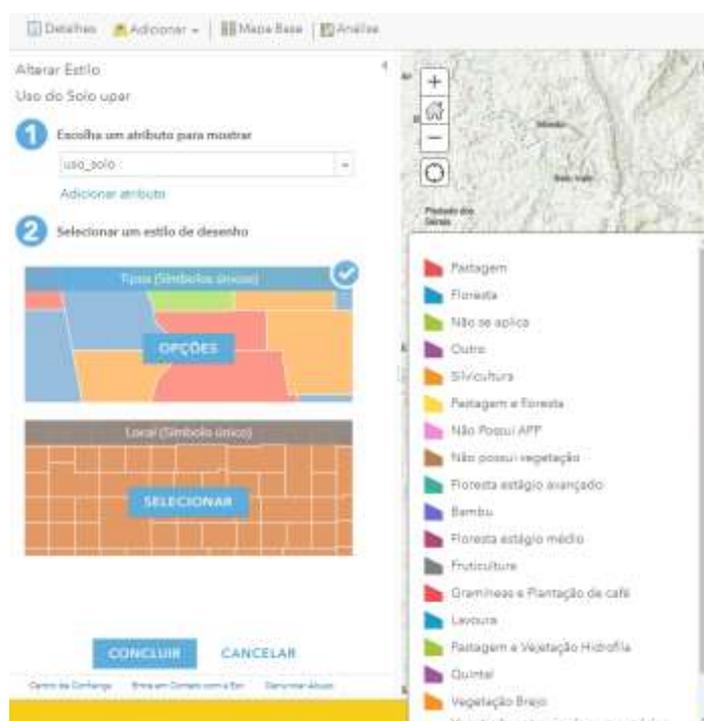
Figura 12 - Opções de configuração da camada e o botão alterar estilo



Fonte: Autor, 2021.

O menu “Alterar Estilo” possui duas seções, onde na primeira, por meio de uma janela de lista, escolheu-se o tipo de atributo a classificar a camada. A segunda seção permitiu a configuração de simbologia da camada, onde as opções de tipo de representação podem ser selecionadas de acordo com a características do atributo escolhido (Figura 13).

Figura 13 - Configurações de alteração de estilo da camada



Fonte: Autor, 2021.

Após configuradas todas as camadas dos mapas, foi realizado o salvamento dos mapas no conteúdo da conta.

Uma vez prontos os mapas, foi criado um aplicativo para cada um deles. A criação de cada versão seguiu os passos seguintes:

- Acessou-se o menu “Meu conteúdo”
- Acessou-se o botão “Criar aplicativo”
- Definir o tipo de plataforma de criação da aplicação: escolheu-se o WebApp Builder
- Especificou-se um título, tags e resumo para o novo aplicativo de mapeamento da web.
- Configurou-se o tema de cada versão. O tema é responsável por definir a disposição dos elementos (mapa e ferramentas).
- Configurou-se o Estilo de cada versão. O estilo se responsabiliza da configuração de cores dos elementos estéticos do tema.
- Configurou-se o Layout de cada versão. O Layout configura a disposição espacial de alguns elementos do tema.
- Escolheu-se o mapa de cada versão.
- Definiu-se o widget presente em cada versão. Os widgets se ocupam de oferecer funcionalidades específicas que são importantíssimas para cada versão.
- Salvou-se cada versão por meio do botão “Salvar”, no menu inferior

4.6. Adequação das cores das camadas para usuários com daltonismo

Neste trabalho, foi trazida uma preocupação quanto a acessibilidade do material para grupos minoritários, para que a informação não fosse barrada por uma limitação de cores e, conseqüentemente, prejudicasse os indivíduos pertencentes a estes no debate sobre os programas ambientais da bacia.

Para a adequação do conteúdo do mapa para pessoas daltônicas dos três tipos existentes (Deuteranopia, Protanopia e Tritanopia), foram coletadas as informações de cores de cada feição de camada em código hexadecimal. Após isto, foi criada uma identificação de cada feição e uma separação delas em grupos de até cinco códigos, conforme Quadro 5.

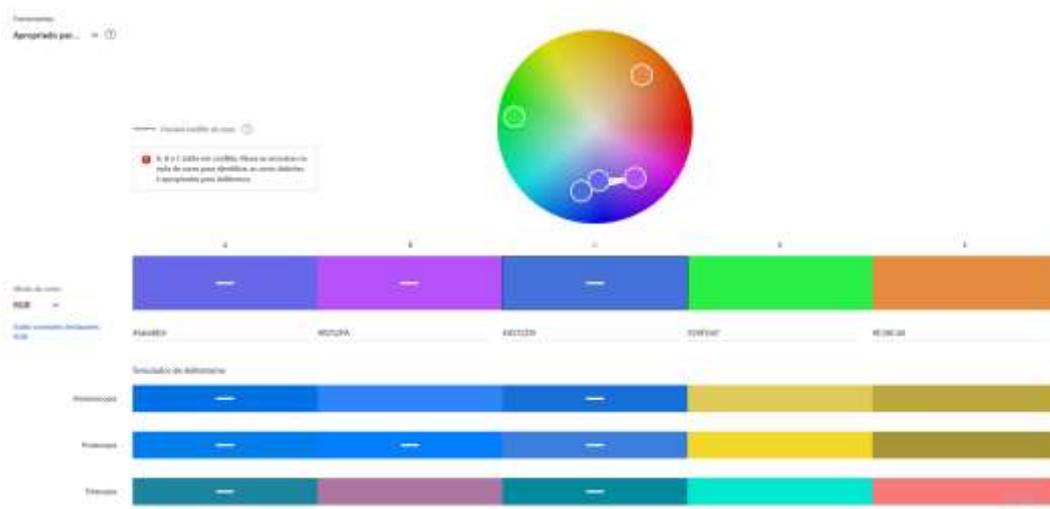
Quadro 5 - Exemplo de agrupamento das feições

Camada	Formato	Descrição da feição	Código de cor HEX	ID	GRUPO
Uso do Solo		Pastagem	#CC8A00	A	1
		Floresta	#73A800	B	
		Não se aplica	#C2C2C2	C	
		Outro	#C8A0A0	D	
		Silvicultura	#CCAD00	E	
		Pastagem e floresta	#D6FFA8	F	2
		Não Possui APP	#FF0000	G	
		Não possui vegetação	#B3B3B3	H	
		Floresta estágio avançado	#3CAF99	I	
		Bambu	#935132	J	
		Floresta estágio médio	#149ECE	K	3
		Fruticultura	#E787F8	L	
		Gramíneas e Plantação de café	#FFF3BF	M	
		Lavoura	#FFD600	N	
		Pastagem e Vegetação Hidrófila	#F1C232	O	
		Quintal	#F789D8	P	4
		Vegetação Brejo	#45C2A5	Q	
		Vegetação antropizada com espécies exótica	#935132	R	

Fonte: Autor, 2021.

A escolha de separar os códigos em grupos foi realizada devido a limitação do aplicativo da Adobe de verificar até cinco códigos por vez, conforme Figura 14.

Figura 14 - Tela da ferramenta de acessibilidade Adobe Color

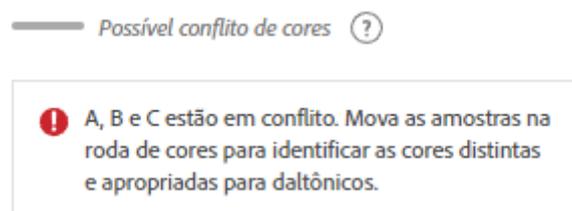


Fonte: Autor, 2021.

Na inserção dos códigos na plataforma, foi adotada a sequência numérica de cada grupo, ou seja, grupo 1 (com códigos das ID A até E), grupo 2 (F a J), grupo 3 (K a O) e grupo 4 (P a R).

Para cada grupo se anotou aquelas cores que apresentavam conflitos na saída de resultados da ferramenta da Adobe, conforme exemplo da Figura 15.

Figura 15 - Exemplo de Saída do Adobe Color



Fonte: Autor, 2021.

As IDs que acusaram conflito tiveram seus códigos alterados por meio da movimentação do círculo de coleta de cor (Figura 15). Buscou-se alterá-los até o momento que a ferramenta parasse de acusar conflitos.

Esgotadas as inserções em sequência e a adequação das cores daquela etapa, partiu-se para a de misturar os códigos das IDs entre os grupos, fazendo uma combinação mesclada. Assim, formaram-se grupos aleatórios com cinco códigos cada. A adequação foi sendo realizada na sequência que se encontrava o conflito entre cores.

Estas sequências foram realizadas para as camadas descritas no Quadro 6:

Quadro 6 - Camadas e valores inseridos na análise de compatibilidade e adequação das cores

Nome da Camada	Classe	cód hex	ID	GRUPO
Forma de Tratamento	Diretamente no solo	#E60000	A	1
	Diretamente em curso d'água	#E69800	B	
	Não há geração de efluentes	#BEE8FF	C	
	Fossa negra	#707070	D	
	Diretamente no solo e Diretamente no curso d'água	#A87000	E	
	Diretamente no solo e Fossa negra	#A80084	F	2
	Diretamente no curso d'água e Fossa negra	#00734C	G	
	Rede pública de esgoto	#73DFFF	H	
	Diretamente em curso d'água, Diretamente no solo e Fossa negra	#A83800	I	
	Fossa séptica	#BEFFE8	J	
	Bacia de decantação e Fossa Negra	#B54779	K	3
	Realiza tratamento com fertirrigação	#D1FF73	L	
	Tratamento com biodigestor	#FFFFBE	M	
Recarga Hidrica Poligono	Pastagem	#CD8900	A	1
	Floresta	#73A800	B	
	Não possui recarga hídrica	#A7C636	C	
	Outros	#9E559C	D	
	Silvicultura	#CDAE00	E	
	Desnuda	#B2B2B2	F	2
	Floresta e Pastagem	#F789D8	G	
	Fruticultura	#B7814A	H	
	Remanescente de Mata Atlântica	#3CAF99	I	
	Floresta e Silvicultura	#6B6BD6	J	
	Outro	#FFEBBE	K	3
Uso do Solo	Pastagem	#CC8A00	A	1
	Floresta	#73A800	B	
	Não se aplica	#C2C2C2	C	
	Outro	#C8A0A0	D	
	Silvicultura	#CCAD00	E	
	Pastagem e floresta	#D6FFA8	F	2
	Não Possui APP	#FF0000	G	
	Não possui vegetação	#B3B3B3	H	
	Floresta estágio avançado	#3CAF99	I	
	Bambu	#935132	J	
	Floresta estágio médio	#149ECE	K	3
	Fruticultura	#E787F8	L	
	Gramíneas e Plantação de café	#FFF3BF	M	
	Lavoura	#FFD600	N	
	Pastagem e Vegetação Hidrofila	#F1C232	O	
	Quintal	#F789D8	P	4
	Vegetação Brejo	#45C2A5	Q	
	Vegetação antropizada com espécies exótica	#935132	R	

Nome da Camada	Classe	cód hex	ID	GRUPO
Processos Erosivos	Sem processos erosivos	#E9FFBE	A	1
	Sulcos	#FFFF00	B	
	Laminar	#FFFFBE	C	
	Voçoroca	#737300	D	
	Laminar e Sulcos	#FFEBAF	E	
	Voçoroca e Sulcos	#E69800	F	2
	Sulcos, Laminar e Voçoroca	#A87000	G	
	Laminar e Voçoroca	#FFAA00	H	
	Ravinas	#E6E600	I	
	Ravinas e Sulcos	#FFD37F	J	
	Sulcos, Laminar, Voçoroca e Ravinas	#734C00	K	3
	Não especificado	#AAAAAA	L	

Fonte: Autor, 2021.

Após obter as cores mais adequadas, os códigos foram inseridos nas camadas correspondentes

4.7. Disponibilização de acesso ao público para consulta.

Após a criação das três versões iniciais do produto na plataforma da ESRI, estas foram disponibilizadas para o acesso público, realizado por meio das alterações de compartilhamento no menu de visão geral do conteúdo. A opção escolhida foi a de configuração de nível de compartilhamento para “Todos (público)”. Para acessar as versões, é necessário possuir o link específico.

4.8. Processo de produção até a versão final do *web map*

Uma vez criadas as três versões iniciais, bem como configuradas para o acesso público, procedeu-se para a adequação do produto ao seu objetivo de comunicação. Para isto, foi criado um processo de melhoria com base nos marcos teóricos da cartografia temática e da análise de usabilidade da ISO NBR 9241-11 de 2002.

Apresentando o processo de desenvolvimento do produto, tem-se que: o **Produto Final**¹ foi o resultado de todo um processo de testes e melhorias. Onde os **Mapas (i)**² com a **Interfaces de usuário (j)**³ foram submetidos à aplicação do **método de avaliação e melhoria**⁴. Este método submete o produto à avaliação realizada por uma **amostra de usuários**⁵. Mediante a esta, foi gerada uma **nova versão**⁶ que compôs o **Produto Final**¹. O produto final foi definido mediante aos “*feedbacks*” (retornos de crítica) dos usuários nos testes, como também pelo desempenho das **medidas de usabilidade**. Os pontos fortes

de cada versão foram considerados e incorporados nesta nova versão, assim como, os pontos fracos foram revistos.

1. **Produto Final:** produto baseado na versão com a maior medida de usabilidade, sendo resultado da escolha de uma das versões avaliadas e da incorporação dos pontos fortes das demais.
2. **Mapa (i):** versão (i) do mapa com as representações gráficas obtidas nos diagnósticos socioambientais do Rio Vivo nos limites da bacia do rio Piranga.
3. **Interface do usuário:** disposição de ferramentas, gráficos e informações que aparecem ao usuário ao acessar a página do *web GIS*.
4. **Método de Avaliação e Melhoria:** método criado através da junção dos marcos teóricos da cartografia temática e a medida de usabilidade, estabelecida pela ISO 9241-11:2002.

Pela cartografia temática, foi analisado unicamente o conteúdo gráfico do mapa, estabelecendo os critérios que foram avaliados pelos usuários. Esta também serviu de guia para como e quais melhorias poderiam ser realizadas.

Já pela Medida de Usabilidade, foram avaliadas: a eficácia em se obter informações específicas do mapa e de ferramentas do aplicativo; a eficiência (relação entre o tempo e o alcance da eficácia, número de ações necessárias para realizar a tarefa) e a satisfação do usuário (retorno de críticas, positivas ou negativas, dadas pelos usuários) aplicados a versão do produto (versão do mapa e plataforma usada).

5. **Amostra de Usuários:** Inicialmente, propôs-se uma amostra de usuários composta por 34 participantes selecionados entre os indivíduos que participem do CBH Piranga, bem como entre indivíduos que possuam interesse na gestão de recursos hídricos da bacia e do público externo sem relação com a gestão de recursos hídricos. Mediante a dificuldade de adesão, este número de participantes foi reduzido para 24 participantes.

Para o número de participantes alcançados, obteve-se uma capacidade de representação da população de 72 participantes do comitê de bacia com intervalo de confiança de 90% e uma margem de erro de 14%.

6. **Versões do Produto:** versão (k) do conjunto mapa (i) e layout (j).
7. **Medida de Usabilidade:** Índice obtido através da soma da eficácia, da eficiência e da satisfação, multiplicados pelos respectivos coeficientes de ponderação;

4.9. Métricas da usabilidade

Como mencionado durante o texto, a medida de usabilidade se baseia nos conceitos de eficiência, eficácia e satisfação. Para medir corretamente estes quesitos, é necessário definir, exatamente, quais são os critérios de sua composição. Portanto, estes foram definidos da seguinte forma:

Eficiência (Ef): número de ações despendidas por usuário em cada tarefa.

Eficácia (Ec): a eficácia é a soma da taxa de sucesso em realizar a tarefa (Ts) com a metade da taxa de sucesso com falhas (Tx).

$$Eficácia = (Ts + 0,5.Tx) \times 5 \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde:

- Ts : taxa de sucesso
- Tx : taxa de sucesso com falhas

A constante de valor cinco busca normalizar os dados para computarem na medida de usabilidade, pois a eficácia, a eficiência e a satisfação variam na escala de um a cinco.

Das variáveis que medem a eficácia, a taxa de sucesso (Ts) resulta da computação de usuários que conseguiram concluir completamente a tarefa para cada versão analisada dividida pelo número total de testes realizados.

$$Ts = (tc)/n \quad \text{Eq. (2)}$$

Onde:

- *tc*: tarefas concluídas com sucesso e sem falhas
- *n*: número total de testes da tarefa na versão analisada

A taxa de sucesso com falhas (Tx) é a somatória do número de indivíduos que conseguiram concluir a tarefa (mas com erros ou imprecisões) dividida pelo número total de testes realizados da tarefa na versão avaliada.

$$Tx = (tc)/n \quad \text{Eq. (3)}$$

Onde:

- *Tx*: taxa de sucesso das tarefas concluídas, mas que houveram falhas ou imprecisões na conclusão.
- *tc*: quantidade de usuários que concluíram a tarefa com falhas.
- *n*: número de testes da tarefa realizados na versão do *web-GIS*.

O princípio do cálculo é que as tarefas que foram concluídas com falhas computem um valor que seja metade daquelas que são concluídas sem nenhuma falha, para que se dê uma maior importância aos sucessos totalmente alcançados e uma menor aos que foram conquistados parcialmente.

Satisfação (S): média dos scores analisados pelos participantes, obtidos no formulário de experiência do usuário. Esta variável considera a satisfação em realizar a tarefa solicitada, bem como da satisfação com as feições de polígono, pontos e linhas dos mapas.

4.9.1. Classificação dos valores de eficiência.

A eficiência é classificada de 1 a 5, onde a maior quantidade de ações registrada em todos os testes da tarefa determina o menor valor (1), enquanto a menor quantidade de ações determina o valor 5.

Exemplo: Tarefa Ø (identificar uma feição de ponto)

- maior número de ações do teste, que foi realizada pelo usuário $\alpha = 18$

- menor número de ações do teste, realizada pelo usuário $\beta = 0$

Os dados seriam classificados da seguinte forma:

Tabela 1 - Exemplo de classificação dos dados.

Score	Número de Ações
1	18-15
2	14-11
3	10-7
4	7-4
5	3-0

Fonte: Autor, 2021.

Ou seja, se o um dos demais usuários teve de dispende 7 ações para identificar a feição solicitada, ele anotaria um score de 3 pontos de eficiência.

Por sua vez, a usabilidade considera os resultados das três variáveis que medem a experiência do usuário. Para somar todos os valores obtidos e apresentar em uma escala de 1 (um) a 5 (cinco), cada variável dispõe de um coeficiente de ponderação. Os valores destes coeficientes são definidos previamente a critério do pesquisador, pois estes dizem quais das medidas de usabilidade devem ter maior impacto na escolha da versão final.

Abaixo, segue a equação da usabilidade.

$$\text{Usabilidade} = Ef \times 0,20 + Ec \times 0,35 + S \times 0,45 \quad \text{Eq. (4)}$$

Onde:

- Ef: eficiência
- Ec: eficácia
- S: satisfação

Nesta pesquisa, o desenvolvedor optou por considerar, como principal resultado, a medida de Satisfação, de forma a representar 45% da Usabilidade final. A segunda métrica em impacto no resultado foi a de Eficácia (35%), uma vez que alcançar os objetivos com sucesso foi considerado mais importante do que a Eficiência (20%) neste trabalho.

4.10. Testes dos usuários nos aplicativos

O registro da experiência dos usuários na plataforma foi realizado por meio de uma vídeo conferência gravada no aplicativo *google meet*. Os testes foram realizados no período de julho/2021 a setembro/2021. Dos trinta e quatro participantes previstos, foram alcançados os testes com 24 indivíduos. A sequência de procedimentos destes testes foi realizada da seguinte forma: O participante foi instruído sobre o programa Rio Vivo, onde foi explicado brevemente o objetivo da iniciativa na bacia e os temas abordados nos diagnósticos realizados nas propriedades rurais. Em seguida, foi solicitado ao usuário que, em seu computador, fossem mantidas abertas somente as janelas de programas e guias do navegador que fossem utilizados durante a sessão. Como próximo passo, foi solicitado o compartilhamento de sua tela, por meio do botão “apresentar agora” em tela inteira. Realizado o compartilhamento, o pesquisador informou ao usuário sobre o início da gravação do teste, que foi feita diretamente na plataforma, por meio do botão “iniciar gravação”. Em sequência, foi enviada uma das versões do web-GIS e informado do tempo de 15 minutos de uso livre para conhecer o aplicativo. Após o tempo previsto, foi solicitada uma tarefa, a ser realizada no tempo de 10 minutos. Concluído o teste, foi enviado, ao participante, o formulário de *feedback* do usuário, conforme Apêndice A. Estes procedimentos foram repetidos com cada usuário até que se testassem todas as três versões.

Para simplificar a visualização dos passos e possibilitar que possíveis interessados possam repetir a experiência ou aplicar em novos produtos, foi criado o Quadro 7, logo abaixo.

Quadro 7 - Sequência da realização dos testes	
PASSO	Descrição
1	Instrução Inicial
2	Solicitar que feche outros aplicativos e guias do navegador
3	Solicitar o compartilhamento da tela por meio do botão " Apresentar agora" em "Tela inteira"
4	Iniciar gravação
5	Enviar versão do aplicativo
6	Esperar o carregamento de todo o aplicativo
7	Iniciar o período de uso livre (15 minutos)

Quadro 7 - Sequência da realização dos testes	
PASSO	Descrição
8	Avisar do término do tempo
9	Enviar tarefa e iniciar o cronômetro de 10 minutos
10	Avisar do término do tempo ou pausar ao fim da tarefa.
11	Enviar o formulário
12	Repetir do passo 5 ao 11

Fonte: Autor, 2021.

Para evitar que fossem criados vieses na experiência do usuário com as plataformas e na eficiência em realizar as tarefas, foram realizadas randomizações na sequência de versões a se testar e na tarefa designada. Acerca das tarefas, foram desenvolvidas seis diferentes solicitações de informações. O detalhamento de quais foram as tarefas de cada usuário para cada versão e a sequência de versão a ser experimentada estão apresentadas no **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

Quadro 8 - Distribuição das tarefas e ordem de apresentação das versões aos usuários				
Ordem das Versões	Usuário	Atividade		
		App 01	App 02	App 03
123	Usuário 01	A	B	C
213	Usuário 02	A	C	D
321	Usuário 03	A	D	E
123	Usuário 04	A	E	F
312	Usuário 05	A	B	F
231	Usuário 06	A	D	F
132	Usuário 07	B	C	D
213	Usuário 08	B	A	D
321	Usuário 09	B	D	E
312	Usuário 10	B	E	F
132	Usuário 11	B	F	A
213	Usuário 12	B	E	C
123	Usuário 13	C	A	B
312	Usuário 14	C	B	D
321	Usuário 15	C	D	E
231	Usuário 16	C	E	F
132	Usuário 17	C	F	E
213	Usuário 18	C	B	D

Quadro 8 - Distribuição das tarefas e ordem de apresentação das versões aos usuários				
Ordem das Versões	Usuário	Atividade		
		App 01	App 02	App 03
321	Usuário 19	D	A	B
312	Usuário 20	D	B	C
123	Usuário 21	D	C	E
231	Usuário 22	D	E	F
231	Usuário 23	D	F	A
312	Usuário 24	F	B	A
123	Usuário 25	E	A	B
312	Usuário 26	E	B	C
231	Usuário 27	E	C	D
132	Usuário 28	E	D	F
321	Usuário 29	E	F	A
213	Usuário 30	E	C	A
231	Usuário 31	F	A	B
123	Usuário 32	F	B	C
132	Usuário 33	F	C	D
321	Usuário 34	F	D	E

A - Imprimir mapa (livre); B - Identificar Nascentes; C - Visualizar gráfico (Amparo do Serra)
D - Identificar tema específico em um local específico; E - Exportar camada de uso do solo
F - Exportar tabela de atributos (livre)

Fonte: Autor, 2021.

4.11. Lista de ações possíveis durante o uso do sistema

A pesquisa foi feita com o intuito de compreender o comportamento tanto do usuário quanto do aplicativo.

Para isto, o pesquisador definiu uma série de ações possíveis que podem ocorrer durante os testes, que foi registrada em uma lista. A lista com estes registros está disponibilizada no Apêndice E, e conta com 255 ações no total.

4.12. Métodos de análise não baseados nos usuários

Fundamentado nos resultados de Popelka et al. (2019), que demonstraram uma lacuna na eficiência de avaliações cartográficas baseadas somente em pareceres de usuários, este trabalho aplicou um método próprio, que se baseou no proposto pelos autores Schnur, Bektaş & Çöltekin (2017). Tais

avaliações ocorreram em paralelo ao processo de produção, servindo como suporte para avaliar as representações cartográficas e o número de elementos do layout da versão.

Além de aplicar uma análise de complexidade visual percebida, foi realizado um teste de contraste entre elementos visuais no mapa final escolhido, com base nos achados de Steinrücken & Plümer (2013). Este foi suplementado pelo aplicativo de contraste da Adobe (Adobe, 2021). Foram feitas análises dos códigos de cores hexadecimais, onde se realizou o teste de contraste para camadas que se sobrepunham.

4.12.1. Análise não baseada nos usuários: a medida de complexidade

Mediante à conclusão de Schnur, Bektaş & Çöltekin (2017), que encontraram que, para 48% da amostra de seu estudo, a complexidade do uso de mapas na web estava associada a diversidade de cores, esta pesquisa adota a seguinte metodologia para encontrar a versão menos complexa:

A complexidade foi medida por meio da contabilização de cores com códigos hexadecimais divergentes. Para isto, foram coletados os gradientes de cores de impressões das telas iniciais de cada versão do web-GIS.

Uma vez coletados os códigos, estes foram inseridos em uma tabela do Excel e removidas todas as duplicatas existentes em cada versão. Como resultado, obteve-se um quadro que apresenta os códigos das cores para cada versão.

Ao fim, são contabilizadas as células não vazias e com estes valores prossegue-se para o próximo passo, que é o de calcular a complexidade visual.

A complexidade visual pode ser entendida pela seguinte fórmula:

$$Comp = \frac{1}{c_p} \cdot n_i \quad \text{Eq. (5)}$$

Onde:

- $Comp$: complexidade visual observada
- c_p : número máximo de códigos de cores esperado, que foi definido

pelo pesquisador como 768. Este quantitativo foi baseado no valor de códigos hexadecimais possíveis para a combinação das três cores básicas: verde, vermelho e azul, multiplicadas pelos 256 tons existentes (Hirayama et al., 2017).

- n_i : número de códigos de cores contabilizados na versão analisada.

O raciocínio adotado para proposição da equação foi que a complexidade visual deve possuir um valor máximo definido, ou seja, que possa chegar a um limite de elementos com cores diferentes. A partir deste valor máximo, pondera-se a quantidade de elementos contabilizados na versão em análise. O objetivo principal é atribuir um valor para cada código contabilizado e, a partir daí, comparar as diferentes versões.

Após obtidos os valores de cada versão, eles devem ser classificados na escala de um a cinco, para serem inseridos na metodologia de escolha da versão final. Para definir os valores da escala, eles devem ser multiplicados pelo teto da escala, ou seja, multiplicados por 5 (cinco). Com isto:

$$E = Comp . teto \quad \text{Eq.(6)}$$

- E : Valor de complexidade na escala definida
- Comp: complexidade visual observada
- Teto: 5

Se o cálculo da medida de complexidade fosse finalizado nesta etapa e inserido na equação de escolha da versão final, ter-se-ia um efeito de valorização daquela mais complexa, mas nesta pesquisa busca-se aquela que seja mais simples ao usuário.

Portanto, a medida de complexidade deve possuir um efeito negativo na pontuação de escolha da versão, ou seja, maior a complexidade, menor a pontuação na Análise não baseada na experiência do usuário (A_n). Para isto, é proposto que a equação final da complexidade tenha a seguinte formulação:

$$A_n = teto (escala) - E \quad \text{(Eq. 7)}$$

Onde:

- A_n : análise não baseada na experiência do usuário, na escala definida.

- E: Valor de complexidade na escala definida.
- Teto (escala): nota máxima atingível da escala.

4.12.2. Análise não baseada nos usuários: teste de contraste entre elementos visuais no mapa final

Como discutido anteriormente, um dos principais problemas encontrados em mapas gerados por web-GIS foi o de não se ter um contraste adequado entre as camadas que eram visualizadas.

Enquanto Steinrücken & Plümer (2013) utilizaram um algoritmo proprietário para analisar as cores de camadas dentro do diagrama conhecido como CIELUV, esta pesquisa se ocupou de utilizar a ferramenta de contraste da Adobe Color. Esta ferramenta permite realizar uma análise rápida entre duas cores, que podem ter seus códigos inseridos em uma interface amigável e de fácil utilização, conforme Figura 16.

Figura 16 - Tela do Adobe Color para a função de proporção de contraste



Fonte: Adobe, 2021.

A saída da aplicação é feita tanto em uma anotação numérica, que indica a proporção de contraste, quanto em uma resposta qualitativa entre “aprovado” e “reprovado”. Os valores que se encontram entre 1:1 e 2.9:1 são classificados como reprovados, enquanto que valores acima ou igual a 3:1 são considerados aprovados.

O *Adobe Colors* ainda realiza a classificação para três situações de uso das cores, como: para textos pequenos (17 pt ou inferior), para textos grandes

(18 pt e superior em negrito) e para ícones e elementos interativos (Adobe, 2021), conforme Figura 17.

Figura 17 - Situações de análises de contraste no Adobe Colors



Fonte: Autor, 2021.

Para realizar a análise de contraste das camadas do *web Map* da versão final escolhida, foram selecionadas aquelas que se sobrepunham umas às outras e que poderiam aparecer simultaneamente e parcialmente sobrepostas. As camadas foram separadas em dois grupos, onde:

- Camadas de fundo, que foram as de polígonos (ex.: Uso do Solo, Forma de Tratamento), Quadro 8.
- Camadas de sobreposição, que na maior parte são feições de pontos, linhas e polígonos sem preenchimento (ex.: camadas Nascentes, Fossas Negras e Lançamento de Esgoto), conforme Quadro 9.

Quadro 8 - Camadas classificadas como as que sobrepõem as de fundo no mapa

Nome da Camada	Forma
Nascentes	Ponto
Ponto dos Imóveis	Ponto
Recarga Hídrica	Ponto
Enxurrada	Ponto
Erosão	Ponto
Lancamento de Esgoto	Ponto
Captação de Água	Ponto
Olho D'água	Ponto
Fossa Negra	Ponto
Hidrografia Principal	Linha
Vegetação Nativa	polígono

Fonte: Autor, 2021.

Quadro 9 - Camadas classificadas como as de fundo do mapa

Nome da Camada	Forma	Classe
Forma de Tratamento	polígono	Diretamente no solo
		Diretamente em curso d'água
		Não há geração de efluentes
		Fossa negra
		Diretamente no solo e Diretamente no curso d'água
		Diretamente no solo e Fossa negra
		Diretamente no curso d'água e Fossa negra
		Rede pública de esgoto
		Diretamente em curso d'água, Diretamente no solo e Fossa negra
		Fossa séptica
		Bacia de decantação e Fossa Negra
		Realiza tratamento com fertirrigação
		Tratamento com biodigestor
Ordem de Priorização	polígono	128 – 150
		105 – 128
		77 – 105
		44 – 77
		11 – 44
		1 – 11
Área Consolidada	polígono	
Nascentes Imoveis	polígono	0
		1
		2
		3
		4
		5
		6
		7
		8
		9
		10
		11
		13
		14
Recarga Hidrica Polígono	polígono	Pastagem
		Floresta
		Não possui recarga hídrica
		Outros
		Silvicultura
		Desnuda
		Floresta e Pastagem
		Fruticultura
		Remanescente de Mata Atlântica
		Floresta e Silvicultura
Outro		
	polígono	Floresta

Nome da Camada	Forma	Classe
Vegetacao Nascentes		Pastagem
		Não se aplica
		Propriedades que não possuem nascentes
		Propriedades que não possuem APP
		Outros
		Outra
		Floresta e Pastagem
		Outro
		Bananeiras
		Silvicultura
		Vegetação de Brejo
		Remanescentes de Floresta
		Bambu
Bananeiras e pequenos arbustos		
Uso do Solo	polígono	Pastagem
		Floresta
		Não se aplica
		Outro
		Silvicultura
		Pastagem e floresta
		Não Possui APP
		Não possui vegetação
		Floresta estágio avançado
		Bambu
		Floresta estágio médio
		Fruticultura
		Gramíneas e Plantação de café
		Lavoura
		Pastagem e Vegetação Hidrófila
		Quintal
Vegetação Brejo		
Vegetação antropizada com espécies exótica		
Processos Erosivos	polígono	Sem processos erosivos
		Sulcos
		Laminar
		Voçoroca
		Laminar e Sulcos
		Voçoroca e Sulcos
		Sulcos, Laminar e Voçoroca
		Laminar e Voçoroca
		Ravinas
		Ravinas e Sulcos
		Sulcos, Laminar, Voçoroca e Ravinas
Não especificado		

Fonte: Autor, 2021.

As camadas de sobreposição e as de fundo tiveram os valores de cores hexadecimais coletados para cada classe de feição. Estes valores foram

inseridos em um quadro que organiza os dois grupos da seguinte forma: as de fundo foram distribuídas como linhas e as de sobreposição como coluna.

As células de interseção (que estão vazias) são preenchidas com os valores de proporção de contraste encontrados na ferramenta de contraste da Adobe. Aqueles que apresentam valores menores que 3:1 devem receber intervenções para melhorar a proporção de contraste dentro do possível.

4.13. Análise Estatística dos testes dos usuários

Para analisar a eficiência e eficácia dos aplicativos desenvolvidos, os dados obtidos nos testes dos usuários foram submetidos a análises da estatística descritiva. Foram obtidos os valores de medidas de dispersão e tendência central dos dados de ações realizadas.

4.14. Equação de seleção da versão a ser escolhida

Para definir qual das versões seria considerada para aprimoramento e publicação, ou seja, aquela que incorporaria o produto final, foi criada uma equação que auxilie nesta etapa. Com o intuito de não se depender somente da experiência do participante, foi realizada a análise não baseada no usuário, conforme explicado na página 77. Para incorporar a decisão da plataforma, esta fase de análise também foi equacionada, conforme visto na seção dedicada a esta. Deste modo, a equação que define a versão final foi a seguinte:

$$D = UX * 0,60 + An * 0,40 \quad \text{Eq. (8)}$$

Onde:

- D : decisão final
- UX: medida de usabilidade
- An: Análise não baseada na experiência do usuário

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção, são apresentados os resultados dos métodos escolhidos. A ordem dos tópicos foi definida conforme o raciocínio de se apresentar o material desenvolvido, o perfil dos participantes da pesquisa, o resultado dos testes e do método de escolha da versão, para, por fim, apresentar a versão final que é o produto de todas as decisões tomadas.

Inicialmente, aborda-se sobre os dados do Rio Vivo que foram obtidos junto a agência de bacia. Posteriormente, são apresentados os resultados do tratamento destes dados. A seção seguinte compreende à adaptação das camadas de polígonos do mapa para pessoas com daltonismo, demonstrando um comparativo entre as versões regulares e a adaptada. Na seção consecutiva, detalha-se cada uma das três versões criadas. Em sequência, são apresentados os resultados dos testes realizados com os participantes e os resultados da metodologia de análise não baseada na experiência destes. A última seção define a escolha da versão final e apresenta suas características e sua melhoria com relação a proporção de contraste.

5.1. Os dados obtidos junto a Agência de Bacia.

Por meio da solicitação direta a Agência de Bacia, obteve-se os dados geográficos para a produção do *Web GIS*, que foram entregues em forma de arquivos *shapefiles* e *.TIF*. Os dados fornecidos são os relativos a 884 imóveis, de oito municípios do Lote 1 da iniciativa Rio Vivo, na bacia hidrográfica do rio Piranga. Os componentes de informação diagnosticados pela iniciativa que serão implementados no *Web Map* são aqueles apresentados no Quadro 1 do Apêndice B.

Além dos arquivos de camadas, adquiriu-se os que estavam em formato de imagem (JPEG), que apresentam o layout dos mapas de cada programa de acordo com cada município.

Destes arquivos, o Programa P12 possui três mapas, um que apresenta a análise de declividade dos imóveis rurais, outro que mapeia os tipos de processos erosivos e, por fim, um que identifica os pontos de erosões de cada imóvel. Já o Programa P42 possui dois mapas de layout, um com a identificação

do tipo de tratamento (ou de destinação) como o lançamento em curso d'água, diretamente no solo ou por fossas. Já o segundo mapa identifica os pontos de lançamento dos esgotos.

Para o programa P52, um dos mapas classifica os imóveis de acordo com a quantidade de nascentes, enquanto o outro identifica os pontos de recarga hídrica e de captação validado, além do tipo de uso do solo. Estes e demais mapas seguem apresentados no Anexo I.

5.2. Os dados tratados

Com a simplificação das camadas, compilando estas por tema ao invés de apresenta-las por município, reduziu-se o total de 176 camadas para 24. As camadas finais, importadas para os mapas, estão apresentadas no Apêndice C.

Conforme se organizou os dados, notou-se que algumas camadas possuíam dados ausentes para alguns municípios. Mediante a esta situação, foi realizado uma verificação em todos os arquivos para se identificar erros e ausências. Esta análise é apresentada no Quadro 10.

Quadro 10 - Análise da consistência dos dados recebidos pela agência de bacia

Camadas	Municípios							
	Amparo do Serra	Barra Longa	Desterro do Melo	Mariana	Oratorios	Piranga	Ponte Nova	Ressaquinha
Área Imóvel	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
Nascentes	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
Pontos Imóveis	ok	x	x	ok	x	ok	ok	x
Olho Dagua	ok	x	ok	x	ok	x	x	x
Fossa Negra	ok	x	ok	ok	ok	ok	ok	ok
Nascentes Imoveis	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
Uso do Solo	ok	ok	ok	ok	x	ok	ok	ok
Recarga Hidrica Polig	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
Recarga Hidrica	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
Processo Erosivo	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
Ordem Priorização	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
Vegetação Nativa	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
Vegetação das Nascentes	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
Lancamento de Esgoto	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
Forma de Tratamento	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
Estradas	x	x	x	x	x	x	x	ok
Enxurrada	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok

Camadas	Municípios							
	Amparo do Serra	Barra Longa	Desterro do Melo	Mariana	Oratorios	Piranga	Ponte Nova	Ressaquinha
Erosao	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
Bacia Rio Piranga	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
Area Consolidada	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
Captação de Água	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok

x- dados ausentes ou trocados

Fonte: Autor, 2021.

Visto a ausência dos dados, foi realizada uma nova solicitação à agência de bacia para o reenvio dos dados com a inserção daqueles que estavam ausentes.

5.3. Adaptação das cores do mapa para usuários com daltonismo

Para a adaptação do conteúdo para pessoas com daltonismo foram realizadas até 49 combinações aleatórias das cores hexadecimais das classes de feições para a camada “Uso do Solo”. As combinações simuladas desta camada estão presentes na Figura 18.

Figura 18 - Uso do Solo - Combinações das IDs com Códigos Hexadecimais

Combinação 1		Combinação 2		Combinação 3		Combinação 4		Combinação 5		Combinação 6		Combinação 7		Combinação 8	
KLM	PQ	ABC	FG	ABC	HI	ABC	JK	ABC	KL	ABC	MN	ABC	OP	ABC	Q
K/P		A/B/G		ok		ok		A/L		ok		ok		ok	
Combinação 9		Combinação 10		Combinação 11		Combinação 12		Combinação 13		Combinação 14		Combinação 15		Combinação 16	
DEF	GH	DEF	IJ	DEF	KL	DEF	MN	DEF	OP	DEF	QA	DEF	QB	DEF	QC
A/H		A/I		ok		ok		F/P		ok		ok		ok	
Combinação 17		Combinação 18		Combinação 19		Combinação 20		Combinação 21		Combinação 22		Combinação 23		Combinação 24	
DEF	QK	DEF	QI	DEF	QM	DEF	QN	DEF	QO	DEF	QP	GHI	AB	GHI	CD
ok		ok		ok		ok		ok		ok		B/I		I/D	
Combinação 25		Combinação 26		Combinação 27		Combinação 28		Combinação 29		Combinação 30		Combinação 31		Combinação 32	
GHI	EF	GHI	JK	GHI	LM	GHI	MN	GHI	OP	GHI	QA	GHI	QB	GHI	QC
ok		ok		G/L		ok		ok		ok		ok		Q/C	
Combinação 33		Combinação 34		Combinação 35		Combinação 36		Combinação 37		Combinação 38		Combinação 39		Combinação 40	
GHI	QD	GHI	QE	GHI	QF	GHI	QJ	GHI	QK	GHI	QM	GHI	QN	GHI	QO
ok		ok		ok		ok		ok		ok		ok		ok	
Combinação 41		Combinação 42		Combinação 43		Combinação 44		Combinação 45		Combinação 46		Combinação 47		Combinação 48	
GHI	QP	IJK	LM	IJK	MN	IJK	OP	IJK	PQ	IJK	QA	IJK	QB	IJK	QC
ok		ok		ok		ok		ok		ok		ok		ok	
Combinação 49															
IJK	QD														
ok															

As letras A a P representam os IDs de cada classe de feição da camada “Uso do Solo”, conforme Quadro 6.

Fonte: Autor, 2021.

Já para a camada de Recarga Hídrica, o número de combinações aleatórias foi realizado por oito vezes. Durante os testes na Adobe Color, somente a combinação 3 apresentou inconformidades entre as cores das classes de Pastagem (A) e Fruticultura (H). As combinações de cores hexadecimais das classes de feições realizadas estão presentes na Figura 19.

Figura 19 - Recarga Hídrica - Combinações das IDs com Códigos Hexadecimais

Combinação 1		Combinação 2		Combinação 3		Combinação 4		Combinação 5		Combinação 6	
ABC	FG	ABC	KJ	ABC	HI	EFG	HI	FGH	DE	IJK	DE
ok		ok		H/A		ok		ok		ok	

Combinação 7		Combinação 8	
FGH	KI	CDE	HK
ok		ok	

As letras A a K representam os IDs de cada classe de feição da camada “Recarga Hídrica”.

Fonte: Autor, 2021.

Para a camada de forma de tratamento foram realizadas quatro combinações de grupos de cores hexadecimais e não foram encontradas conflitos de cores para acessibilidade a pessoas com dautonismo (Figura 20).

Figura 20 - Forma de Tratamento - Combinações das IDs com Códigos Hexadecimais

Combinação 1		Combinação 2		Combinação 3		Combinação 4	
AB	KLM	ABC	EF	FGH	KL	KLM	HI
OK		OK		OK		OK	

As letras A a M representam os IDs de cada classe de feição da camada.

Fonte: Autor, 2021.

As combinações que geraram conflitos de acessibilidade de cores resultaram em alterações dos seus códigos de cores originais (coluna “Original” no quadro 11) nas feições diagnosticadas. Os códigos gerados (tentativas 1 e 2) e os escolhidos como finais (coluna “Final) para o mapa estão apresentados no Quadro 11.

Quadro 11 - Códigos gerados pela metodologia de adaptação do conteúdo do mapa do Web-GIS

Camada	Classe de Feição	Original	Tentativa 1	Tentativa 2	Final
Forma de Tratamento	Diretamente no solo	#E60000	#E61D2D		#E61D2D
	Diretamente em curso d'água	#E69800			#E69800
	Não há geração de efluentes	#BEE8FF			#BEE8FF
	Fossa negra	#707070			#707070
	Diretamente no solo e Diretamente no curso d'água	#A87000	#A88E1F		#A88E1F
	Diretamente no solo e Fossa negra	#A80084			#A80084
	Diretamente no curso d'água e Fossa negra	#00734C			#00734C
	Rede pública de esgoto	#73DFFF			#73DFFF
	Diretamente em curso d'água, Diretamente no solo e Fossa negra	#A83800			#A83800
	Fossa séptica	#BEFFE8			#BEFFE8
	Bacia de decantação e Fossa Negra	#B54779			#B54779
	Realiza tratamento com fertirrigação	#D1FF73			#D1FF73
	Tratamento com biodigestor	#FFFFBE			#FFFFBE
	Recarga Hidrica Poligono	Pastagem	#CD8900	#CC6735	
Floresta		#73A800			#73A800
Não possui recarga hídrica		#A7C636	#60C758		#60C758
Outros		#9E559C	#9E559C		#9E559C
Silvicultura		#CDAE00	#CCB793		#CCB793
Desnuda		#B2B2B2			#B2B2B2
Floresta e Pastagem		#F789D8			#F789D8
Fruticultura		#B7814A	#B7814A		#B7814A
Remanescente de Mata Atlântica		#3CAF99			#3CAF99
Floresta e Silvicultura		#6B6BD6			#6B6BD6
Outro		#FFEBBE			#FFEBBE
Uso do Solo	Pastagem	#CC8A00	#CC9260		#CC9260
	Floresta	#73A800	#3CA84C	#4458A8	#4458A8
	Não se aplica	#C2C2C2	#BFB5A9		#BFB5A9
	Outro	#C8A0A0	#C78F88		#C78F88
	Silvicultura	#CCAD00	#CCB793	#BDCC83	#BDCC83
	Pastagem e floresta	#D6FFA8	#F789D8		#F789D8
	Não Possui APP	#FF0000	#FF2A31	#FF2B41	#FF2B41
	Não possui vegetação	#B3B3B3	#8A92A0		#8A92A0
	Floresta estágio avançado	#3CAF99	#49B38E		#49B38E
	Bambu	#935132			#935132
	Floresta estágio médio	#149ECE	#1489D1		#1489D1
	Fruticultura	#E787F8	#B7814A	#BD5D21	#BD5D21

Camada	Classe de Feição	Original	Tentativa 1	Tentativa 2	Final
	Gramíneas e Plantação de café	#FFF3BF			#FFF3BF
	Lavoura	#FFD600			#FFD600
	Pastagem e Vegetação Hidrofila	#F1C232	#F5B628		#F5B628
	Quintal	#F789D8	#E2CCFA		#E2CCFA
	Vegetação Brejo	#45C2A5	#3DC2BA		#3DC2BA
	Vegetação antropizada com espécies exótica	#935132			#935132
Processos Erosivos	Sem processos erosivos	#E9FFBE			#E9FFBE
	Sulcos	#FFFF00			#FFFF00
	Laminar	#FFFFBE	#FFFBDF		#FFFBDF
	Voçoroca	#737300			#737300
	Laminar e Sulcos	#FFEBAF	#FFC692		#FFC692
	Voçoroca e Sulcos	#E69800	#E68802		#E68802
	Sulcos, Laminar e Voçoroca	#A87000			#A87000
	Laminar e Voçoroca	#FFAA00	#FFB424		#FFB424
	Ravinas	#E6E600			#E6E600
	Ravinas e Sulcos	#FFD37F			#FFD37F
	Sulcos, Laminar, Voçoroca e Ravinas	#734C00			#734C00
Não especificado	#AAAAAA			#AAAAAA	
Área imóvel		#730000			#730000
Estradas		#E27728			#E27728
Municípios		#999999			#999999
Microbacias Priorizadas		#0084A8			#0084A8

Fonte: Autor, 2021.

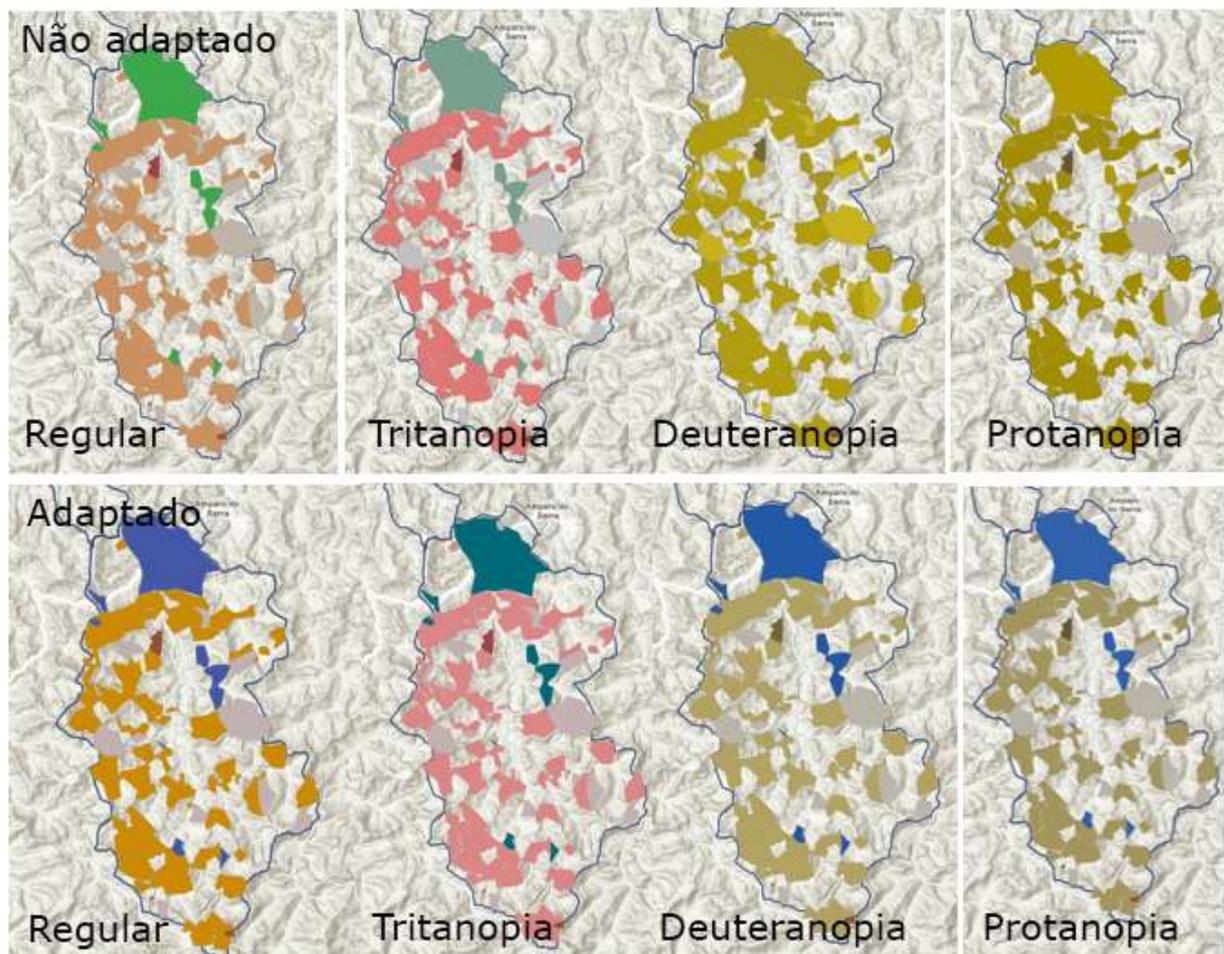
As adaptações resultaram em uma mapa com melhor diversidade de cores para os grupos alvo, o que pode reduzir uma má interpretação de informações visuais no produto.

Um exemplo da modificação de cores foi a verde das áreas de florestas (Código HEX #73A800), que deu lugar a azul (#4458A8), a qual pode ser visualizada com maior contraste entre os usuários.

Uma forma de apresentar estas mudanças com melhores condições de se comparar as mudanças feitas é simulando as visualizações dos diferentes usuários para um tema específico. Abaixo, são demonstradas as possíveis visões de usuários para a camada de uso do solo no município de Amparo do Serra. As cores, escolhidas para cada cenário simulado, foram retiradas na ferramenta de acessibilidade da Adobe Color.

Na Figura 21, apresenta-se o conjunto de visualizações nas situações mencionadas.

Figura 21 - Comparação entre os mapas



Fonte: Autor, 2021

Cada mapa pode ser visualizado na web, por meio de uma ferramenta do ArcGIS que permite uma comparação entre duas camadas. Os mapas podem ser acessados nos links:

- Relação mapa visualizado por daltônico x não adaptado: <https://arcg.is/0GuD1X>
- Relação adaptado x não adaptado: <https://arcg.is/0DbKvn>
- Relação mapa adaptado x visualizado por daltônico: <https://arcg.is/1unPrK0>

5.4. Versões do aplicativo

Nesta seção são apresentadas as versões desenvolvidas pelo pesquisador e que foram analisadas pelos usuários a fim de escolher a versão que fundamenta o produto final da dissertação. Foram desenvolvidas três versões, cada uma foi feita com diferentes configurações e com algumas semelhanças entre elas.

5.4.1. Versão 01 do Web-GIS

Como a primeira destas, a Versão 01 dispõe os recursos por meio do tema do *WebApp Builder* nomeado “Tema do Painel”. O propósito deste é o de apresentar os dados diretamente ao usuário, sem que seja necessária a sua ação para que as ferramentas “*widgets*” do painel se exibam na tela. Em outras palavras, as ferramentas de visualização de dados se iniciam junto ao carregamento do aplicativo. Este tema tem uma limitação de doze *widgets* fora do painel, ou seja, aqueles que ficam na seção do mapa, como os botões de navegação, por exemplo.

A disposição dos painéis pode ser visualizada na Figura 22.

Figura 22 - Esquema dos painéis da versão 01

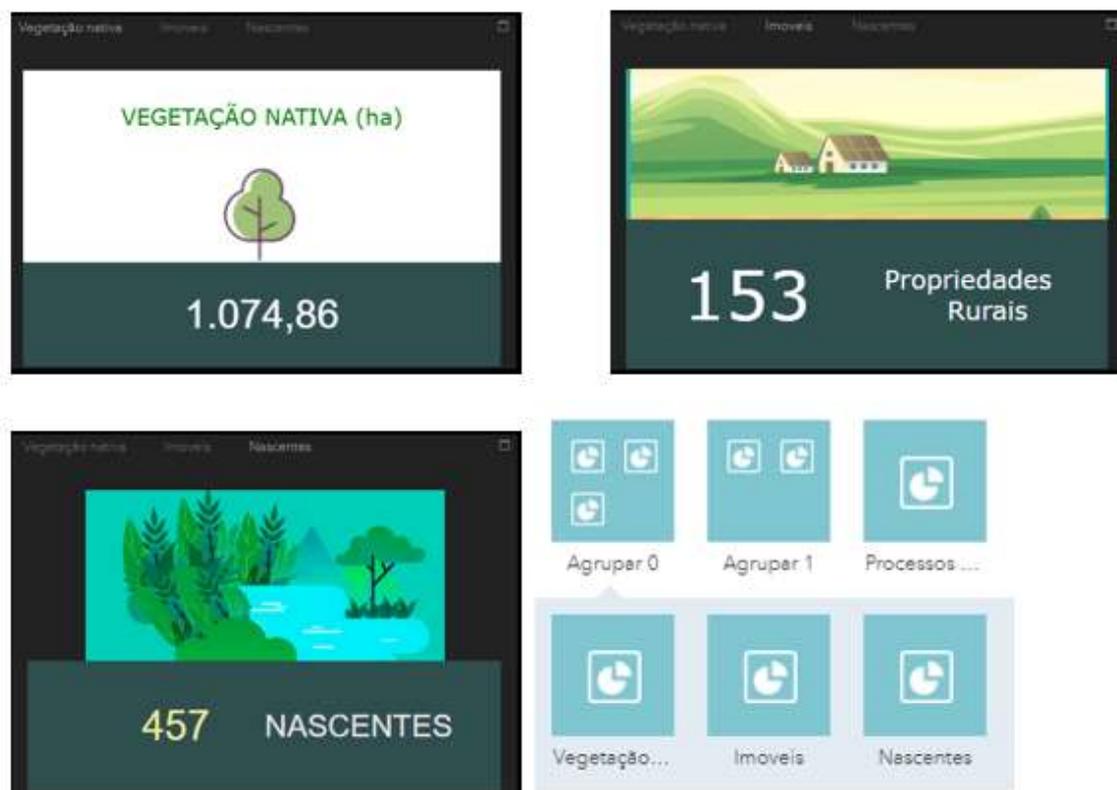


Fonte: Autor, 2021.

Os *widgets* fora do painel selecionados nessa versão foram os de “Controle de Zoom”, “Página Inicial”, “Imprimir”, “Legenda”, “Lista de Camadas”,

“Sobre”, “Selecionar” e de “Tabela de Atributos”. Os *widjets* do painel foram os de Infográficos dos dados dos programas. O painel traz três seções na lateral direita. Cada uma destas pode expandir em mais outras *widjets*. No caso desta versão, a primeira do painel é composta por um grupo de *widjets* contadores das camadas de Vegetação Nativa, Imóveis e Nascentes, Figura 23.

Figura 23 - *Widjets* de contadores na versão 01

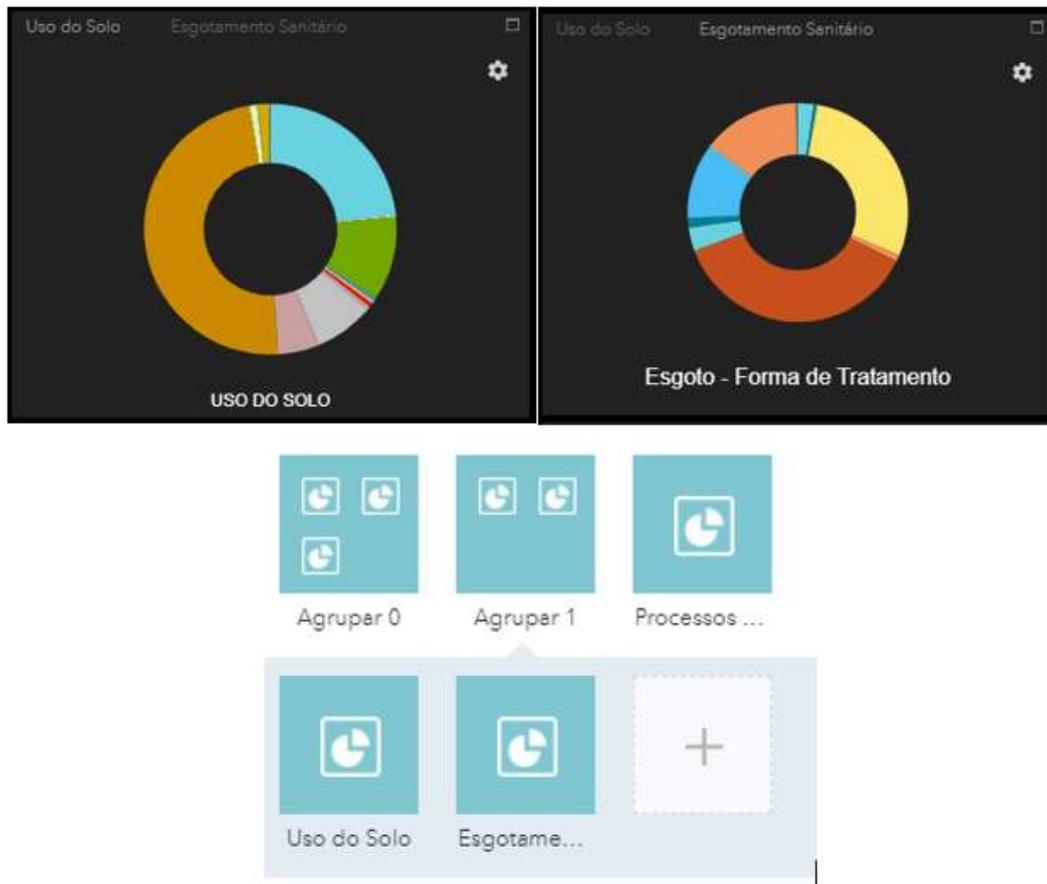


Fonte: Autor, 2021.

Como apresentado, as ferramentas foram configuradas com imagens e fontes personalizadas.

A segunda seção de *widjets* foi configurada com dois infográficos do tipo rosca que exibe os dados de Uso do Solo e de Esgotamento Sanitário, respectivamente. As ferramentas foram configuradas para iniciarem com os rótulos de dados e legendas desativados, mas permitindo ao usuário ativá-las de acordo com sua necessidade. Na Figura 24, são apresentadas as imagens destes infográficos.

Figura 24 - Widgets de Infográficos da versão 01

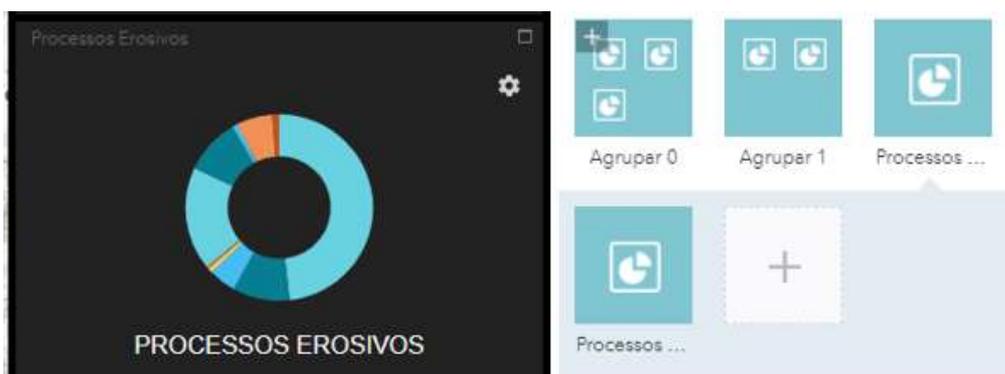


Fonte: Autor, 2021.

Nota-se que o infográfico de Esgotamento Sanitário teve sua configuração de cores definidas conforme a camada de uso do solo.

A terceira seção foi configurada com a widget de Infográfico dos Processo Erosivos, conforme Figura 25.

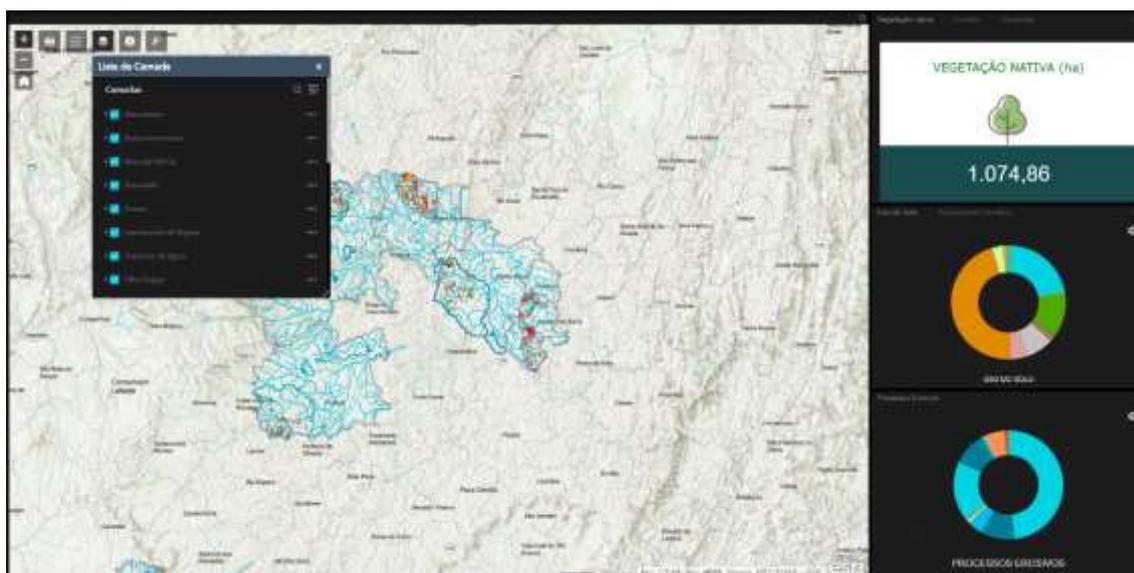
Figura 25 - Widget de Infográfico para a camada de Processo Erosivos da versão 01



Fonte: Autor, 2021.

Como resultado das configurações, foi criado aplicativo Versão 01, que, na configuração 1080 x 720 pixels, apresenta a tela inicial como na Figura 26.

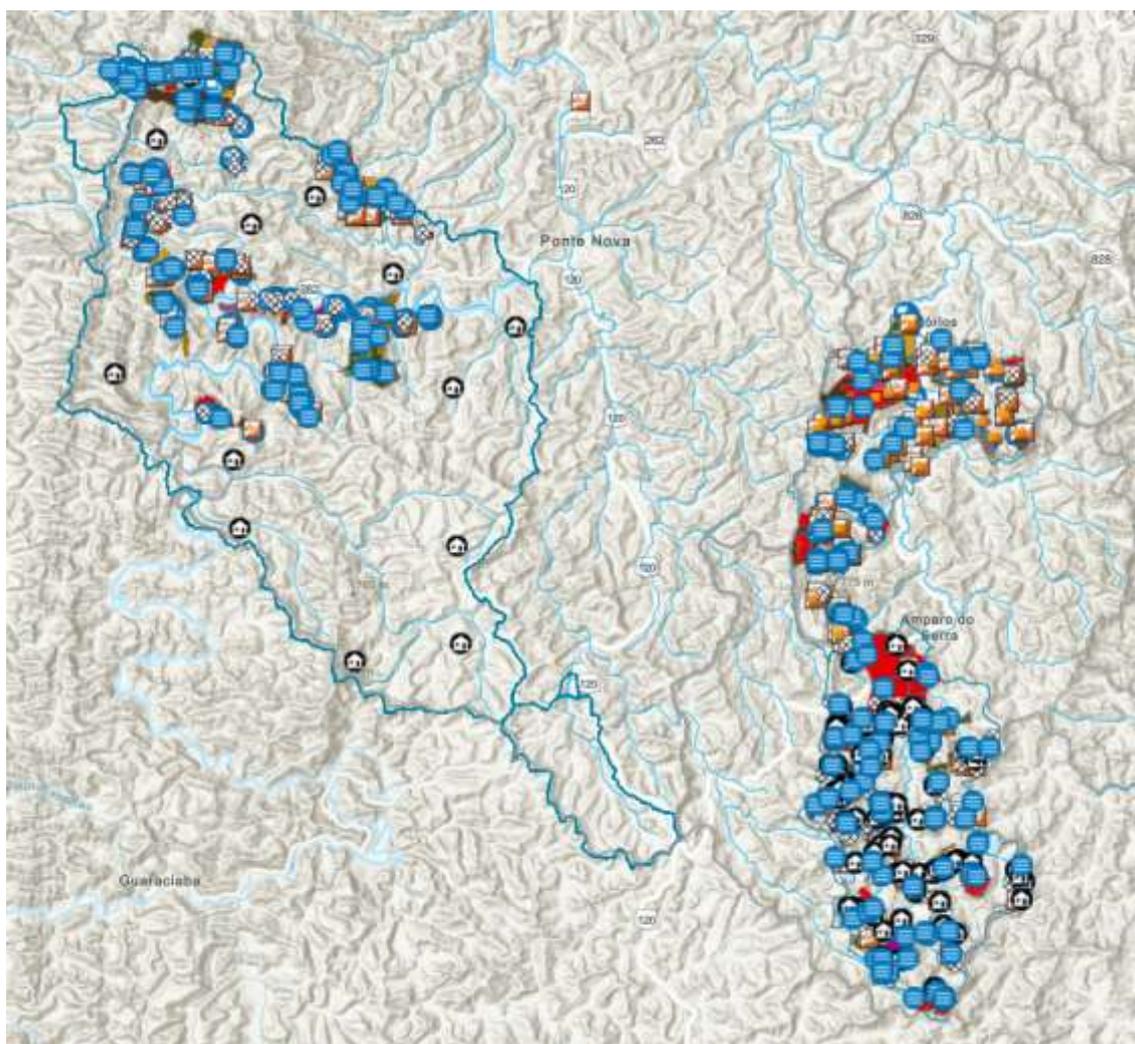
Figura 26 - Versão 01 do web-GIS



Fonte: Autor, 2021.

As camadas presentes no mapa da Versão 01 foram configuradas como todas visíveis. A exemplo, o Mapa desta versão visualizado na escala “Municípios” do ArcGIS Online apresenta todas as feições de pontos, polígonos e linhas, conforme Figura 27.

Figura 27 - Visualização inicial do mapa da versão 01



Fonte: Autor, 2021.

5.4.2. Versão 02 do Web-GIS

A segunda versão foi configurada com um tema diferente da anterior. Para esta, foi escolhido o do tipo “Tema da Plataforma de Inicialização”. Como principal característica, do ponto de vista do desenvolvedor, esta versão apresenta uma disposição de elementos centrados no mapa, o que faz com que a seção de navegação ocupe quase toda a tela do usuário, proporcionando uma maior amplitude na visualização dos elementos de mapa. Segundo a ESRI (2021), a plataforma de inicialização permite ao usuário abrir múltiplos widgets, mover, dimensionar e minimizá-los. Considerando estas características, entende-se (como hipótese) que este tipo de tema favoreça a liberdade de customização do usuário sobre os elementos que deseja visualizar. Por outro

lado, a liberdade de customização não exibe de imediato as informações sintetizadas nos infográficos, por exemplo.

Acerca dos *widgets* disponíveis nesta versão, estes somaram vinte e dois ao todo. Esta versão possui seções de aplicativos organizadas e nomeadas de forma diferente da primeira. São duas as seções presentes, a de Controlador de Barra Âncora e a de *Widgets* Fora do Painel. Na primeira, estão as ferramentas de “Lista de Camada”, “Legenda”, “Consulta_2”, grupo de “Infográficos”, “Imprimir” e grupo de “Contadores”. Na tela do Web-GIS, esta seção de ferramentas se localiza no menu inferior, centralizado (ver Figura 28).

Figura 28 - Controlador da barra de âncora



Fonte: Autor, 2021.

Os grupos de infográficos trazem as informações dos temas de uso do solo, processos erosivos e forma de tratamento do esgotamento sanitário, configurados de forma semelhante à da primeira versão do aplicativo (ver Figura 29).

Figura 29 - Widgets de infográficos da versão 02



Fonte: Autor, 2021.

Observa-se que, diferentemente da Versão 01, as configurações de cores dos infográficos seguiram um padrão gerado automaticamente pelo *WebApp Builder*.

O *widget* “Contadores” é um conjunto de infográficos de contagem básica, que somam os valores de feições visíveis na tela do usuário para as camadas de “Nascentes” e “Ponto dos Imóveis”, de forma semelhante a primeira versão. Nota-se que nesta não está presente a contagem de “Vegetação Nativa”.

Já a ferramenta de consulta tem como princípio realizar pesquisas em camadas pré-definidas e disponíveis a escolha do usuário. Ao selecionar a camada de pesquisa, ela retorna uma lista de informações por feição. Nesta versão, a ferramenta “Consulta” retorna informações de vegetação das nascentes e da hidrografia, conforme Figura 30.

Figura 30 - *Widget* de consulta



Fonte: Autor, 2021.

A ferramenta “Consulta_2” retorna a listagem das camadas “Uso do Solo”, “Forma de Tratamento” e “área imóvel”, conforme Figura 31.

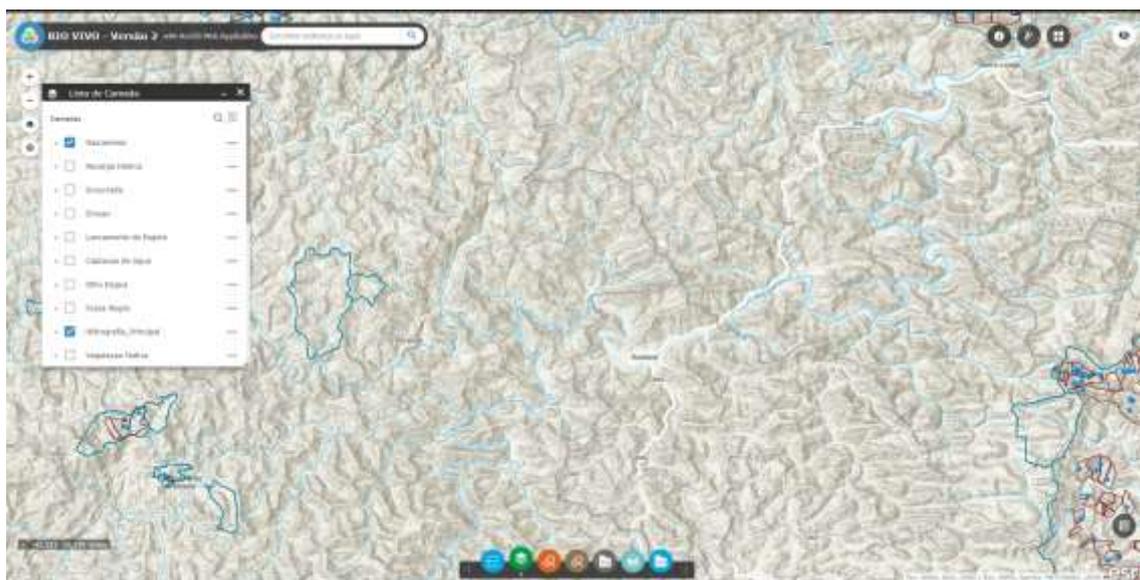
Figura 31 - *Widget* de “Consulta_2”



Fonte: Autor, 2021.

A tela inicial apresenta a Lista de Camada já ativada, Figura 32. Esta configuração foi realizada com o intuito de facilitar a navegação do usuário, podendo optar por visualizar as camadas desejadas.

Figura 32 - Tela inicial da Versão 02



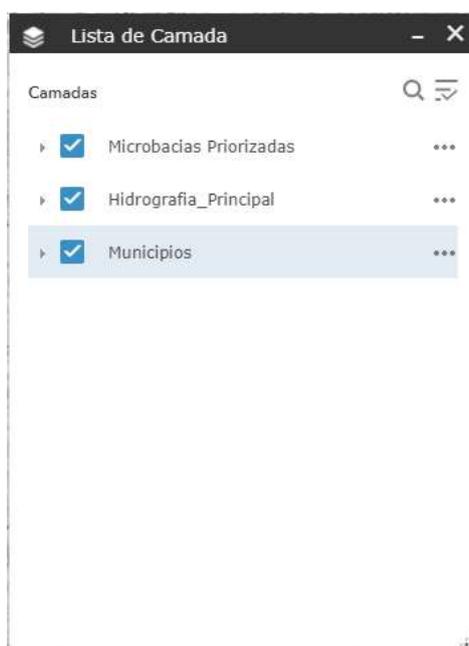
Fonte: Autor, 2021.

Acerca das configurações de mapa, a versão 2 apresenta feições de pontos inspiradas nos Layouts de camadas produzidos pela empresa responsável pela fase de diagnóstico do Rio Vivo. Nesta versão, e somente nesta, as camadas de polígonos tiveram suas cores adaptadas para possíveis usuários com deficiências de visualização de cores (daltonismo), conforme página 86 .

5.4.3. Versão 03 do Web-GIS

Esta última versão foi desenvolvida com o “Tema da Plataforma de Inicialização” para dispor os recursos e elementos do aplicativo. Sobre este ponto, a versão 03 se assemelha a anterior (Versão 02), mas ainda possui algumas importantes mudanças. A principal delas está nas camadas disponibilizadas inicialmente e o estado de ativação destas. O mapa fornece apenas três camadas, sendo elas: “Microbacias Priorizadas”, “Hidrografia Principal” e “Municípios” (ver Figura 33).

Figura 33 - Lista de camada da versão 03

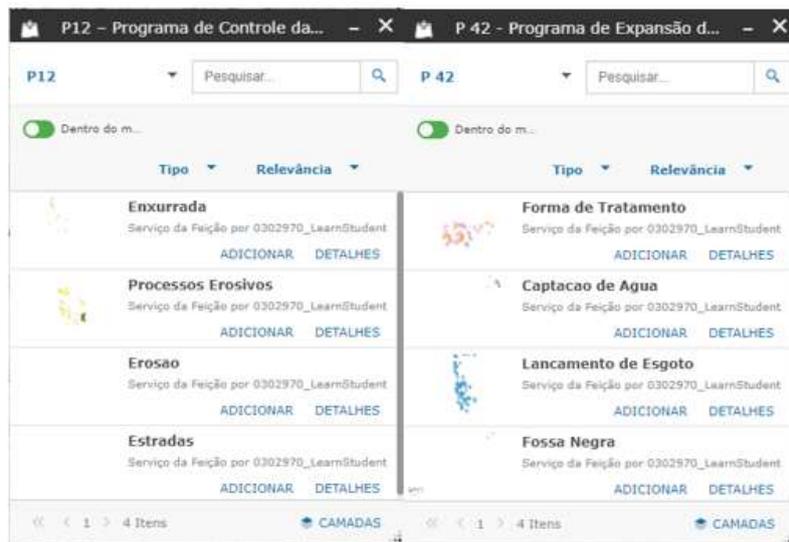


Fonte: Autor, 2021.

A forma de inserção dos dados dos programas do Rio Vivo é realizada por meio de três widgets do tipo “Adicionar Dados”. Portanto, estão presentes no Controlador de Barra de Âncora os widgets “P12 – Programa de Controle das Atividades Geradoras de Sedimentos”, “P 42 - Programa de Expansão do

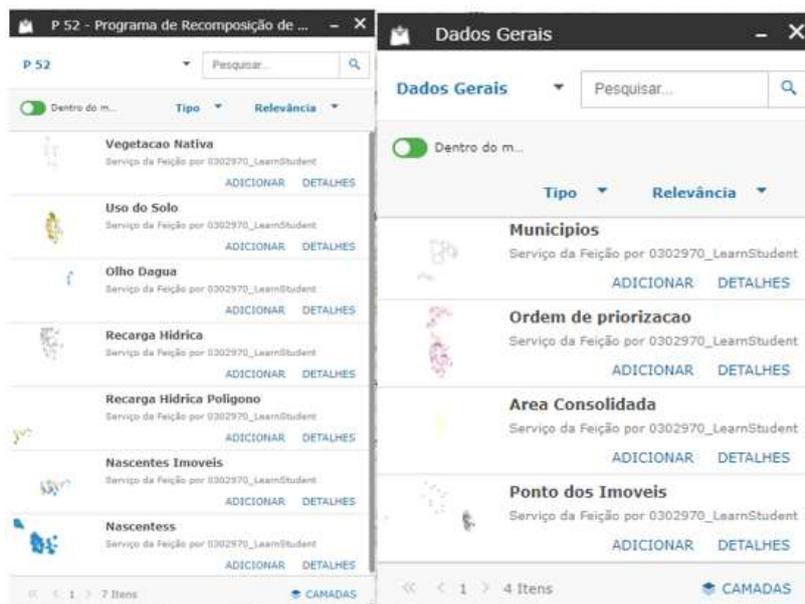
Saneamento Rural” e “P 52 - Programa de Recomposição de APPs e Nascentes”. Além destes, está presente o *widget* com os “Dados Gerais” que inclui os dados geográficos fornecidos pela agência que não pertencem especificamente a algum dos programas, mas que são essenciais para compreensão do mapa e estão presentes nas outras versões.

Figura 34 - Widgets de adicionar dados, programas P12 e P42 da versão 03



Fonte: Autor, 2021.

Figura 35 - Widgets de adicionar dados, programas P52 e Dados Gerais da versão 03



Fonte: Autor, 2021

5.4.4. Comparativo entre as versões de teste criadas

Com a finalidade de sintetizar as diferenças entre as versões desenvolvidas, foi confeccionado o Quadro 12.

Nota-se que, em comparação as demais, a Versão 01 possui mais recursos de informações dinâmicas e de seleção de informações. Em contrapartida, ela possui menores capacidades de navegação, como encontrar algum local ou mudar o mapa de base.

A Versão 02 possui uma quantidade de recursos intermediária (comparada entre as três), pois possui bons recursos de seleção de dados, uma boa quantidade de informações de Infográficos Dinâmicos, abaixo somente da primeira versão. Além disso, a versão traz uma completa caixa de ferramentas de navegação, podendo pesquisar locais e modificar o mapa de base, por exemplo.

Por fim, a Versão 03 não possui Infográficos Dinâmicos que alternam as informações de acordo com a navegação. Por outro lado, é a única que possui uma ferramenta de gráficos gerados por seleção de polígonos e linhas do mapa. Acerca das ferramentas de navegação, esta versão apresenta uma experiência completa, permitindo a pesquisa de locais e alternância de mapas de base.

Quadro 12 - Recursos Disponíveis: Ferramentas e Camadas

Recurso		VERSÃO		
		1	2	3
Imprimir		x	x	x
Selecionar	por ponto	x	x	
	por retângulo	x	x	x
	por polígono	x	x	x
	por laço	x		
Infográficos Dinâmicos	Vegetação Nativa	x		
	Imóveis	x	x	
	Nascentes	x	x	
	Uso do Solo	x	x	
	Forma de Tratamento	x	x	
Gráficos	Processos Erosivos	x	x	
	Forma de Tratamento			x
	Uso do Solo			x
Mais zoom				x
Menos Zoom		x	x	x
Extensão Padrão		x	x	x
Legenda		x	x	x
Lista de Camada		x	x	x

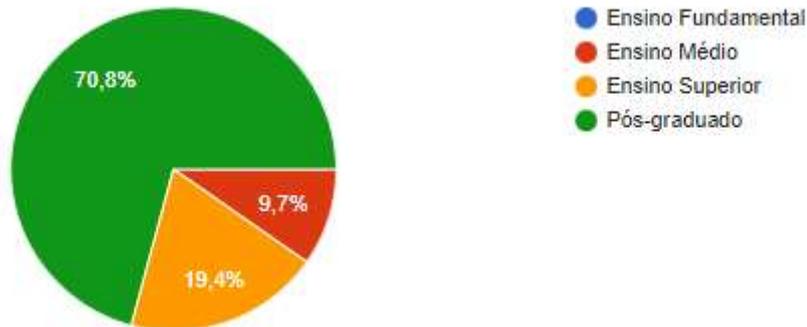
Recurso		VERSÃO		
		1	2	3
Sobre		x	x	x
Tabela de Atributo		x	x	x
Meu Local			x	x
Encontrar Endereço ou Lugar			x	x
Galeria de Mapa Base			x	x
Consulta			x	x
Introduzir Dados	P12			x
	P42			x
	P52			x
	Dados Gerais			x
Camadas do Mapa	Nascentes	x	x	
	Ponto dos Imóveis	x	x	
	Recarga Hídrica	x	x	
	Enxurrada	x	x	
	Erosão	x	x	
	Lancamento de Esgoto	x	x	
	Captação de Água	x	x	
	Olho Dagua	x	x	
	Fossa Negra	x	x	
	Hidrografia Principal	x	x	x
	Vegetação Nativa	x	x	
	Forma de Tratamento	x	x	
	Ordem de Priorização	x	x	
	Área Consolidada	x	x	
	Nascentes Imoveis	x	x	
	Recarga Hidrica Poligono	x	x	
	Vegetacao Nascentes	x	x	
	Uso do Solo	x	x	
	Processos Erosivos	x	x	
	Área imóvel	x	x	
Estradas	x	x		
Municípios	x	x	x	
Microbacias Priorizadas	x	x	x	

Fonte: Autor, 2021

5.5. Participantes da pesquisa

A pesquisa foi realizada com 24 indivíduos (n=24), destes, 71% possuíam educação de nível pós-graduado, 19,4% possuíam ensino superior e 9,7% possuíam ensino médio completo, conforme Figura 36. Desta forma, a amostra de usuários apresentou um nível de formação técnica alto.

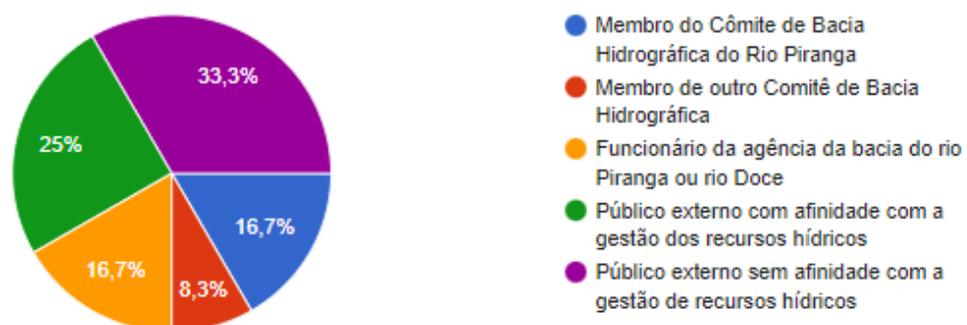
Figura 36 - Nível de educação dos participantes



Fonte: Autor, 2021.

Acerca da relação dos participantes com o Sistema de Gestão de Recursos Hídricos (SINGREH), 41,7% (n = 10) afirmaram estar de alguma forma envolvidos na gestão de recursos hídricos, seja como membro de comitê de bacia (25%), seja como funcionário da agência de bacia do rio Doce (16,7%). Dos demais participantes, 25% afirmaram ter afinidade com a gestão de recursos hídricos, ao passo que aqueles que não possuem conhecimento ou relação com recursos hídricos computou 33% (n=8) da amostra selecionada, consultar Figura 37. Apesar desta ser uma amostra com alto nível de formação técnica, ela possuía uma diversidade na relação com recursos hídricos, apresentando uma quantidade relativa de indivíduos que não estão relacionados com a gestão de recursos hídricos.

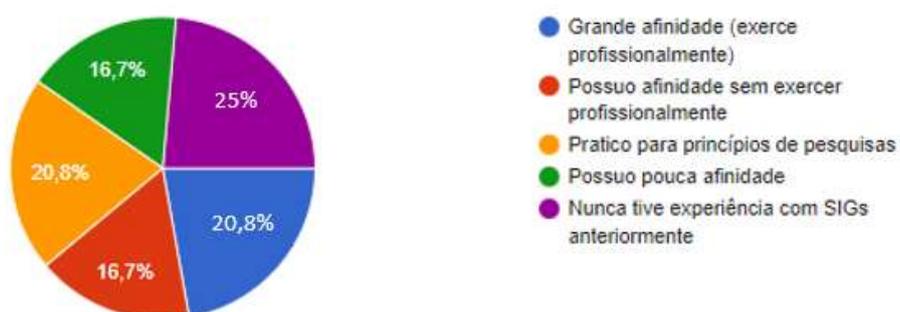
Figura 37 - Relação dos participantes da pesquisa com a gestão de recursos hídricos



Fonte: Autor, 2021.

Quando questionados acerca do nível de experiência com sistemas de informação geográfica, 25% dos usuários afirmaram nunca ter utilizado SIGs anteriormente, enquanto 16,7% (n=4) afirmaram ter pouca afinidade com o sistema. Dentre os participantes da pesquisa, nove indivíduos possuíam afinidade com o uso de SIGs de forma não profissional, mas com usos diversos, como para fins de pesquisa científica (20,8%) e para uso amador (16,7%) (n=4). Aqueles que possuíam grande afinidade e utilizavam SIGs profissionalmente representaram 20,8% da amostra, conforme Figura 38.

Figura 38 - Experiência dos usuários com SIGs



Fonte: Autor, 2021.

Com estas informações de nível de experiência dos usuários com SIGs, foi possível realizar a análise dos testes entre os usuários com a distinção entre aqueles mais experientes que exercem profissionalmente o uso dos sistemas – que foram nomeados usuários *heavy* – e aqueles que possuem média, baixa ou nenhuma experiência com SIGs anteriormente – aqui nomeados de leigos.

5.6. Resultados dos testes com os usuários

Devido a limitação de espaço para apresentar os dados completos em uma resolução adequada, os resultados dos testes com os usuários foram resumidos no Quadro 13, apresentando o número de ações necessárias para realizar a tarefa e o tempo dispendido para a conclusão do teste. A consulta completa das ações tomadas pelos usuários está disponível no link: <https://tinyurl.com/cts3xcd>, bem como no Apêndice E.

Quadro 13 - Resultados dos testes com os usuários

Usuários	Tipo de usuario	Versão	Tempo da tarefa	Tipo de Tarefa	Número de Ações
Usuário 01	heavy	V01	00:06:00	A	7
	heavy	V02	00:01:12	B	6
	heavy	V03	00:00:50	C	5
Usuário 02	leigo	V01	00:00:45	A	3
	leigo	V02	00:01:33	C	26
	leigo	V03	00:03:00	D	9
Usuário 03	leigo	V01	00:01:17	A	13
	leigo	V02	00:00:03	D	1
	leigo	V03	00:10:00	E	37
Usuário 04	leigo	V01	00:03:00	A	5
	leigo	V02	00:00:05	B	1
	leigo	V03	00:00:41	F	6
Usuário 05	leigo	V01	00:00:02	B	0
	leigo	V02	00:02:00	C	20
	leigo	V03	00:00:54	D	7
Usuário 06	leigo	V01	00:00:03	B	1
	leigo	V02	00:00:24	A	13
	leigo	V03	00:02:00	D	10
Usuário 07	heavy	V01	00:00:01	B	0
	heavy	V02	00:00:32	F	5
	heavy	V03	00:00:40	A	8
Usuário 08	leigo	V01	00:00:16	B	5
	leigo	V02		E	30
	leigo	V03	00:03:21	C	27
Usuário 09	leigo	V01		C	14
	leigo	V02	00:00:50	A	2
	leigo	V03	00:03:12	B	7
Usuário 10	leigo	V01	00:00:56	C	7
	leigo	V02	00:00:20	B	3
	leigo	V03	00:00:26	D	4
Usuário 11	heavy	V01	00:00:30	C	9
	heavy	V02	00:01:00	D	9
	heavy	V03		E	22
Usuário 12	leigo	V01	00:10:00	C	22
	leigo	V02	00:10:00	E	20
	leigo	V03	00:02:19	F	5
Usuário 13	leigo	V01		D	9
	leigo	V02	00:00:44	B	9
	leigo	V03	00:06:20	C	58
Usuário 14	leigo	V01	00:04:00	D	23
	leigo	V02	00:00:57	C	8

Usuários	Tipo de usuario	Versão	Tempo da tarefa	Tipo de Tarefa	Número de Ações
	leigo	V03		E	13
Usuário 15	leigo	V01	00:00:10	D	2
	leigo	V02		E	60
	leigo	V03	00:00:34	F	6
Usuário 16	leigo	V01	00:00:16	D	4
	leigo	V02	00:01:19	F	7
	leigo	V03	00:01:13	A	3
Usuário 17	leigo	V01	00:00:23	F	6
	leigo	V02	00:00:17	B	2
	leigo	V03	00:01:35	A	11
Usuário 18	heavy	V01		E	14
	heavy	V02	00:00:37	A	2
	heavy	V03	00:00:14	B	3
Usuário 19	heavy	V01	00:02:23	E	21
	heavy	V02	00:00:23	C	6
	heavy	V03	00:03:34	D	21
Usuário 20	leigo	V01		E	93
	leigo	V02	00:03:42	D	10
	leigo	V03	00:01:59	F	13
Usuário 21	leigo	V01		E	24
	leigo	V02	00:00:44	F	4
	leigo	V03	00:02:06	A	11
Usuário 22	leigo	V01	00:00:25	F	3
	leigo	V02	00:01:01	A	6
	leigo	V03	00:00:16	B	2
Usuário 23	leigo	V01	00:00:24	F	9
	leigo	V02	00:00:11	B	3
	leigo	V03	00:01:32	C	23
Usuário 24	heavy	V01	00:01:30	F	9
	heavy	V02	00:00:18	C	6
	heavy	V03		D	31

Células em **vermelho**: tarefas não concluídas;

Células em **amarelo**: parcialmente concluídas;

Células em **verde**, tarefas concluídas.

Fonte: Autor, 2021.

Valores em vermelho representam tarefas que não foram concluídas com sucesso, ao passo que as que estão em amarelo foram concluídas com falhas ou de forma parcial. As tarefas em verde foram as concluídas com sucesso sem nenhum erro.

Com o auxílio do *software SAS Studio*, foram calculadas as medidas de dispersão e tendência central dos dados para cada tarefa, estratificado por versão do aplicativo.

Entre todas as tarefas, a que demandou a maior quantidade de ações foi a de exportar a camada de uso do solo, anotando um valor máximo de 93 ações na versão 1. A tarefa com menor demanda de ações para sua finalização foi a de identificar os pontos de nascentes, pois chegou a ser concluída com zero ações do usuário.

A seguir, são apresentadas as análises de cada tarefa, seguindo a ordem alfabética já pré-estabelecida.

A tarefa A, imprimir um mapa, foi realizada pelos usuários com uma média de menos de 10 ações, o que demonstra uma facilidade para gerar arquivos de saída, podendo atender as apresentações dos comitês de bacia, pesquisadores e demais pessoas relacionadas ou interessadas na gestão de recursos hídricos.

O fato, já apresentado, de ter exigido uma baixa quantidade de ações para realização da tarefa de identificar nascentes (B) demonstra que em todas as versões as feições destes pontos são facilmente reconhecidas, demandando pouco esforço para sua leitura no mapa. A simbologia da versão 1 aparenta ter facilitado esta leitura, chegando a não demandar nenhuma ação do usuário para sua identificação, visto que estas são ativadas no momento em que se inicia as versões, estando assim já presentes na tela.

Para reproduzir o infográfico da camada de uso do solo, tarefa C, as versões 1 e 2 necessitaram de uma média da quantidade de ações muito próxima, aproximadamente 13 por usuário. Diferentemente destas, a versão 3 exigiu um maior esforço dos usuários, sendo necessária uma quantidade de até 58 ações para a sua realização.

A tarefa D, que tinha o objetivo de explorar a identificação de feições e regiões diversas do mapa, produziu até 31 (trinta e uma) ações em seu teste. Este alto valor de quantidade de ações ocorreu durante o uso da versão 3 e somente não somou uma quantidade maior devido a desistência do usuário. Isto

ocorreu devido à ausência da camada de limitação dos imóveis. As demais informações sobre este teste são discutidas em um tópico específico, mais a frente.

A tarefa E foi a mais expressiva em quantidade de ações por teste do usuário. A média de ações por teste superou valores de 36 registros na versão 01 e versão 02. O valor máximo anotado chegou a 93 (noventa e três) registros, demonstrando ser uma tarefa avançada e que demanda um treinamento específico para a compreensão de seu uso.

Para exportar uma tabela de atributo, tarefa F, as três versões demonstraram uma simplicidade em sua realização.

No Quadro 14, é apresentado o resumo estatístico das tarefas, com relação ao número de ações adotadas em cada diferente versão.

Quadro 14 - Resumo estatístico de ações por tarefa e versão

Tarefa	Versão	N Obs	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
A	V01	4	7	4.320494	3	13
	V02	4	5.75	5.188128	2	13
	V03	4	8.25	3.774917	3	11
B	V01	4	1.5	2.380476	0	5
	V02	6	4	2.966479	1	9
	V03	3	4	2.645751	2	7
C	V01	4	13	6.683313	7	22
	V02	5	13.2	9.230385	6	26
	V03	4	28.25	22.02082	5	58
D	V01	4	9.5	9.469249	2	23
	V02	3	6.666667	4.932883	1	10
	V03	6	13.666667	10.2697	4	31
E	V01	4	38	36.90528	14	93
	V02	3	36.666667	20.81666	20	60
	V03	3	24	12.12436	13	37
F	V01	4	6.75	2.872281	3	9
	V02	3	5.333333	1.527525	4	7
	V03	4	7.5	3.696846	5	13

Fonte: Autor, 2021.

5.6.1. Eficácia nos testes com os usuários

Acerca da medida Eficácia, ela apresentou valores e informações importantes para cada uma das tarefas. Por meio desta ferramenta, pôde-se identificar falhas e maus funcionamentos que atrapalham a experiência do usuário, bem como identificar a limitação destes em realizar as tarefas propostas.

Em primeira ordem de apresentação, seguem os resultados da Tarefa A, que solicitava a impressão de um mapa com informações a critério do usuário. Conforme pode ser visto na Tabela 2, a tarefa não exigiu habilidades avançadas dos usuários e apresentou resultados satisfatórios.

Tabela 2 - Eficácia da Tarefa A

EFICÁCIA		Versão(Versão)		
		V01	V02	V03
NÃO	registros	0	0	0
	valor	0	0	0
SIM	registros	4	4	4
	valor	1	1	1
SIM, MAS COM ERROS	registros	0	0	0
	valor	0	0	0
Coefficiente Eficácia Total (C) = A+ B*0,5		1	1	1
Eficácia total (A x 5)		5	5	5

Fonte: Autor, 2021.

Para a Tarefa B, os valores de eficácia foram quase absolutos para todas as versões, com exceção da Versão 02. Nesta, o valor desta medida de usabilidade foi de 4,58, que decorreu de uma falha do usuário 32 em apontar a feição de nascente no mapa, o que resultou na redução de 8% da eficácia. Os dados estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Eficácia da Tarefa B

EFICÁCIA		Versão		
		V01	V02	V03
NÃO	registros	0	0	0
	valor	0	0	0
SIM	registros	4	5	3
	valor	1	0,8333	1
SIM, MAS COM ERROS	registros	0	1	0
	valor	0	0,1667	0
Coefficiente Eficácia Total (C) = A+ B*0,5		1,00	0,92	1,00

Eficácia total (A x 5)	5	4,58325	5
-------------------------------	----------	----------------	----------

Fonte: Autor, 2021

A tarefa C, que solicita a apresentação do infográfico de uso do solo de Amparo do Serra, apresentou diferentes valores para cada versão. A diferença entre elas decorre das ferramentas de gráfico serem diferentes ou localizadas em regiões e botões diferentes no *layout* dos *web-GIS*. Os dados estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Eficácia da Tarefa C

EFICÁCIA		Versão		
		V01	V02	V03
NÃO	registros	2	0	0
	valor	0,50	0,00	0,00
SIM (A)	registros	2	4	2
	valor	0,50	0,80	0,50
SIM, MAS COM ERROS (B)	registros	0	1	2
	valor	0,00	0,20	0,50
Coefficiente Eficácia Total (C) = A+ B*0,5		0,50	0,90	0,75
Eficácia total (A x 5)		2,5	4,5	3,75

Fonte: Autor, 2021.

Um ponto de destaque nos resultados alcançados foi o de se descobrir que, apesar de se ter uma expectativa da versão 01 ser mais fácil para manuseio da ferramenta de infográfico, logo que esta se inicia junto com o aplicativo e fica disponível ao usuário por todo o momento de uso, ela apresentou os valores mais baixos de eficácia (2,5). A versão 01 alcançou apenas metade do valor máximo, este acontecimento pode ser explicado e aprofundado por meio da consulta a anotação de bordo do pesquisador.

Quadro 15 – Amostra da anotação de bordo dos testes para a Tarefa C

Usuários	Tipo de usuário	Tipo de Tarefa	I													
Usuário 13	leigo	C	A3	A3	A3	A3	A3	A3	C2.1	A4	A4	A4	C2.15	C4.1.8	C4.1.6	C2.15
Usuário 14	leigo	C	A4	C4.1	C4.2	B2	B2.6.11	A4	C4.1.1							
Usuário 15	heavy	C	C2	C2.16.2	C2.15	C2.2	C2.2	C2.3	C2.11	D13	D8					
Usuário 16	leigo	C	B2 C1	B2.7 C2	A2 C4	A2 C4.1.8	C2 C4.1	C2.13 C4.3	C2.14 D	C2.2 D16	A2 E	C2	C2.2	C2.2	C2.2	C2.2

Fonte: Autor, 2021.

Ao filtrar as anotações dos testes da tarefa C, versão 01, notou-se que os usuários 13 e 16 enfrentaram dificuldades em encontrar a seção de uso solo no painel dos infográficos, conforme pode ser visto que eles exploraram a ferramenta de infográfico (ações do grupo C4), mas não concluíram a tarefa. Além disso, o usuário 16 maximizou o infográfico e não conseguiu sair da tela maximizada, o que o levou a recarregar a página do web-GIS (ação E).

A tarefa E teve uma notória diferença de eficácia das demais tarefas. O sucesso em realizar a tarefa nas três versões foi muito baixo, chegando no máximo a 25% na versão 01, Tabela 5.

Tabela 5 - Eficácia da Tarefa E

EFICÁCIA		Versão(Versão)		
		V01	V02	V03
NÃO	registros	4	3	3
	valor	0	0	0
SIM	registros	1	0	0
	valor	0,25	0	0
SIM, MAS COM ERROS	registros	0	0	0
	valor	0	0	0
Coefficiente Eficácia Total (C) = A+ B*0,5		0,25	0	0
Eficácia total (A x 5)		1,25	0	0

Fonte: Autor, 2021.

Conforme pode ser visto no Quadro 16, o único usuário a conseguir completar a tarefa foi o usuário 19, que possui experiência em SIGs.

Quadro 16 - Dados dos testes para a Tarefa E

Usuários	Tipo de usuário	Versão	tempo da tarefa	Tipo de Tarefa	Número de Ações
Usuário 03	leigo	V03	00:10:00	E	37
Usuário 12	leigo	V02		E	30
Usuário 15	heavy	V03		E	22
Usuário 16	leigo	V02	00:10:00	E	20
Usuário 21	leigo	V03		E	13
Usuário 22	leigo	V02		E	60
Usuário 25	heavy	V01		E	14
Usuário 27	heavy	V01	00:02:23	E	21
Usuário 28	leigo	V01		E	93
Usuário 29	leigo	V01		E	24

Fonte: Autor, 2021.

É notório que mesmo usuários experientes (*heavy users*) enfrentam dificuldades em conseguir exportar camadas no web-GIS. Estes resultados indicam que, para utilizar a ferramenta de selecionar e exportar a camada, é necessária uma experiência prévia, mas que ainda não garante o sucesso em realizá-la e, portanto, convém buscar uma outra forma de se realizar transferências dos arquivos de camadas.

Em contrapartida à exportação dos arquivos da tarefa E, as tabelas de atributos puderam ser exportadas com total eficácia em quaisquer versões desenvolvidas nesta pesquisa, conforme Tabela 6.

Tabela 6 - Eficácia da Tarefa F

EFICÁCIA		Versão		
		V01	V02	V03
NÃO	registros	0	0	0
	valor	0	0	0
SIM	registros	4	3	4
	valor	1	1	1
SIM, MAS COM ERROS	registros	0	0	0
	valor	0	0	0
Coefficiente Eficácia Total (C) = A+ B*0,5		1	1	1
Eficácia total (C x 5)		5	5	5

Fonte: Autor, 2021.

Este resultado se faz muito positivo para a pesquisa, pois esta característica demonstra que há grande potencial no web-GIS produzir uma maior disseminação de informações ao público em geral.

Ao compilar os resultados de eficácia, obtém-se uma comparação entre as versões. Foram calculadas as médias dos valores obtidos nas diferentes tarefas (Tabela 7).

Tabela 7 - Eficácia das versões

Tarefa	Versão		
	V01	V02	V03
Tarefa A	5	5	5
Tarefa B	5.00	4.58	5.00
Tarefa C	2.5	4.5	3.75
Tarefa E	1.25	0.00	0.00
Tarefa F	5	5	5
Eficácia média	3.75	3.81665	3.75

Fonte: Autor, 2021.

Os resultados apontados no quadro demonstram que as versões apresentaram valores muito semelhantes, com apenas a versão 2 superando as demais. Isto implica que as diferenças entre as versões se compensam de tarefa a tarefa.

Os valores obtidos nesta etapa foram inseridos na seção de cálculo da usabilidade final.

5.6.2. Os resultados da Eficiência nos testes

Os dados da eficiência foram classificados de acordo com os limites máximos e mínimos de ações, definindo a pontuação de teto do intervalo (5) e a base do intervalo (1). Para resumir e facilitar a apresentação e entendimento de como foram classificados, o Quadro 17, logo abaixo, compila as classificações realizadas.

Nota-se que, na primeira coluna, está apresentada a pontuação correspondente ao número de ações do intervalo de cada tarefa. Na segunda coluna estão descritos os intervalos de número de ações para cada tarefa, onde nas linhas estão classificados para cada *score*. Entende-se como o *score* a respectiva pontuação atribuída.

Quadro 17 - Classificação das ações em escala de pontuação da eficiência

Score	Tarefas (ações)					
	A	B	C	D	E	F
5	2-4	0	5-10			3-4
4	5-7	1 - 3	11-16			5-6
3	8-9	4 - 6	17-27			7-8
2	10-11	7 - 8	28-38			9-10
1	12-13	9	39-58			11-13

Fonte: Autor, 2021.

As tarefas D e E não receberam classificações por não serem consideradas na métrica de eficiência, uma vez que elas possuem algumas características que podem comprometer os resultados da pesquisa. Abaixo, são discutidos os motivos de exclusão de cada uma destas tarefas:

D: a tarefa de identificar uma feição não pré-estabelecida tem o objetivo de identificar se os mapas das versões possuem alguma problemática de

interpretação, de modo que, qualquer que seja escolhido para a versão final, passe por uma análise mais aprofundada e se busque sanar qualquer problemática antes do lançamento do web-GIS. Incluir esta tarefa na medida de usabilidade poderia trazer viés, pois as tarefas não se repetem entre os usuários, o que produz um comportamento diferente entre cada aplicação.

E: a tarefa de exportar a camada se tornou um grande entrave para todos os web-GIS, onde quase todos os usuários não conseguiram realizá-la. Como a metodologia determinou que seriam contabilizadas a eficiência somente daqueles testes que apresentassem sucesso parcial ou total no teste de eficácia, o pesquisador decidiu pela exclusão desta tarefa na métrica de Eficiência da usabilidade.

Como resultado da classificação proposta, os dados ficaram da seguinte forma (Tabela 8):

Tabela 8 - Dados classificados para a eficiência

Nível de usuário	Versão	Tarefa	Ações	Score
heavy	V01	A	7	4
leigo	V01	A	3	5
leigo	V01	A	13	1
leigo	V01	A	5	4
leigo	V02	A	13	1
heavy	V03	A	8	3
leigo	V02	A	2	5
leigo	V03	A	3	5
leigo	V03	A	11	2
heavy	V02	A	2	5
leigo	V03	A	11	2
leigo	V02	A	6	4
heavy	V02	B	6	3
leigo	V02	B	1	4
leigo	V01	B	0	5
leigo	V01	B	1	4
heavy	V01	B	0	5
leigo	V01	B	5	3

Nível de usuário	Versão	Tarefa	Ações	Score
leigo	V03	B	7	2
leigo	V02	B	3	4
leigo	V02	B	9	1
leigo	V02	B	2	4
heavy	V03	B	3	4
leigo	V03	B	2	4
leigo	V02	B	3	4
heavy	V03	C	5	5
leigo	V02	C	26	3
leigo	V02	C	20	3
leigo	V03	C	27	3
leigo	V01	C	7	5
heavy	V01	C	9	5
leigo	V03	C	58	1
leigo	V02	C	8	5
heavy	V02	C	6	5
leigo	V03	C	23	3
heavy	V02	C	6	5
leigo	V03	F	6	4
heavy	V02	F	5	4
leigo	V03	F	5	4
leigo	V03	F	6	4
leigo	V02	F	7	3
leigo	V01	F	6	4
leigo	V03	F	13	1
leigo	V02	F	4	5
leigo	V01	F	3	5
leigo	V01	F	9	2
heavy	V01	F	9	2

Fonte: Autor, 2021

Após a obtenção da classificação do número de ação, os dados foram importados para o SAS Studio, onde foram calculadas as médias de score para cada tarefa e versão. Os dados resultantes seguem na Tabela 9, logo abaixo:

Tabela 9 - Eficiência de cada versão em cada tarefa

Tarefa	Versão	Média dos scores
A	V01	3,5
	V02	3,75
	V03	3
B	V01	4,25
	V02	3,333333
	V03	3,333333
C	V01	5
	V02	4,2
	V03	3
F	V01	3,25
	V02	4
	V03	3,25

Fonte: Autor, 2021.

Tarefa B

Nota-se que a tarefa B, que tem o objetivo de identificar as feições de nascentes, possuiu um valor maior para a versão 01, corroborando com a ideia de que o do símbolo escolhido traria uma associação de cores e formas para uma nascente. Um questionamento possível a esta afirmação é que a versão 3 possuiu um valor mais baixo para esta tarefa, ainda que possuindo a mesma simbologia. Para buscar uma explicação do motivo da diferença de pontuação, o pesquisador realizou uma investigação nas informações da anotação de bordo dos testes. Foram selecionados os testes da tarefa B para a versão 03 e analisados os passos adotados, conforme mostrado no Quadro 18.

Quadro 18 - Registros dos testes da versão 03 na tarefa B

Usuários	Versão	tempo da tarefa	Tipo de Tarefa	Número de Ações	Ações						
					C1	C2	C3	C3	C3.2	C10	C10.8
Usuário 13	V03	00:03:12	B	7	C1	C2	C3	C3	C3.2	C10	C10.8
Usuário 25	V03	00:00:14	B	3	C2.1	A1	A1				
Usuário 31	V03	00:00:16	B	2	A1	A3					

Fonte: Autor, 2021.

Uma hipótese que pode ser levantada é de que o usuário procurou adicionar a camada de nascentes ao mapa e, para isto, ele buscou a ferramenta de adicionar dados para o programa P52 do Rio Vivo. Como o ato de adicionar dados nesta versão traz um dispêndio maior de ações, logo que é necessário abrir uma ferramenta específica de um programa específico, o usuário teve de

encontrar a ferramenta correta, o que fez com que tomasse 5 ações para localizá-la. Estas ações resultaram num impacto do score da versão para a tarefa B.

Tarefa C

Analisando a tarefa C, observa-se que a versão com melhor desempenho foi a 01, que pontuou o valor máximo da medida. O que se pode notar, também, é que a amostra analisada foi de apenas duas observações, que se reduziu a este valor devido a dois usuários não terem conseguido realizar a tarefa e seus registros não foram contabilizados. Nesta tarefa, a versão com menor pontuação foi a 03, que é consequência de utilizar uma ferramenta que traz mais opções e se torna mais complexa, bem como traz situações em que falha em definir a área de interesse, gerando uma quantidade maior de ações. Esta afirmação vai de encontro ao observado na anotação de bordo dos testes, onde é possível notar que o usuário 20 realizou mais tentativas e por isso registrou por quatro vezes as ações de utilizar o filtro espacial com uma forma definida pelo usuário (C7.4.1.3) e a de aplicar a forma definida pelo usuário (C7.4.2), resultando juntas em 14,28 % das ações tomadas pelo usuário naquela tarefa.

Esta informações estão disponíveis na Tabela 10, onde a frequência e o percentual de ações são apresentadas para cada uma adotada pelo usuário.

Na primeira coluna encontra-se a descrição da ação tomada, na segunda a frequência – número de vezes em que o usuário realizou aquela ação – na terceira está o valor percentual que aquela ação representa na amostra (valor da frequência daquela ação tomada em relação a soma da frequência), a frequência acumulada – valor acumulado das ações localizadas acima da ação analisada somada a frequência daquela ação, e o percentual acumulado que é a soma dos percentuais.

Tabela 10 - Análise de frequência de ações do usuário 20 no teste da tarefa B

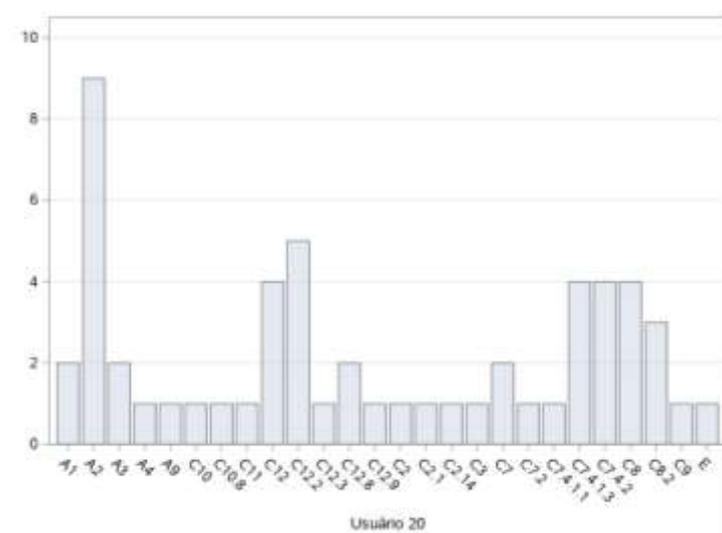
Ações tomadas	Frequência	Percentual	Frequência Acumulada	Percentual acumulado
A1	2	3.57	2	3.57
A2	9	16.07	11	19.64

Ações tomadas	Frequência	Percentual	Frequência Acumulada	Percentual acumulado
A3	2	3.57	13	23.21
A4	1	1.79	14	25.00
A9	1	1.79	15	26.79
C10	1	1.79	16	28.57
C10.8	1	1.79	17	30.36
C11	1	1.79	18	32.14
C12	4	7.14	22	39.29
C12.2	5	8.93	27	48.21
C12.3	1	1.79	28	50.00
C12.8	2	3.57	30	53.57
C12.9	1	1.79	31	55.36
C2	1	1.79	32	57.14
C2.1	1	1.79	33	58.93
C2.14	1	1.79	34	60.71
C3	1	1.79	35	62.50
C7	2	3.57	37	66.07
C7.2	1	1.79	38	67.86
C7.4.1.1	1	1.79	39	69.64
C7.4.1.3	4	7.14	43	76.79
C7.4.2	4	7.14	47	83.93
C8	4	7.14	51	91.07
C8.2	3	5.36	54	96.43
C9	1	1.79	55	98.21
E	1	1.79	56	100.00

Fonte: Autor, 2021.

Da mesma forma, o usuário buscou diversas vezes adicionar os dados da camada de uso do solo e tentou encontrá-la nos botões de adicionar dados (códigos C8 a C12), fazendo isto por diversas vezes. Estes dados demonstram que a maior possibilidade de ferramentas pode causar um esforço maior do usuário, bem como confundi-lo durante o uso do *web*-GIS. No gráfico da Figura 39 está apresentado o montante de todas as ações tomadas por este usuário durante o teste da tarefa C.

Figura 39 - Distribuição de frequência das ações do usuário 20



Fonte: Autor, 2021.

Por fim, o usuário se queixou da forma como se faz para gerar o resultado do gráfico, pois a forma de seleção que ela adotou apresentou diversas falhas que a fizeram realizar as tentativas. A queixa do usuário foi a seguinte "Se eu aplicar esse jeito, ela só vai considerar aquela área selecionada. Se eu usar esse outro jeito, vou marcar a área do município, eu acho que é isso, mas eu acho que tem que ter uma forma mais fácil".

Apesar de ter tido um desempenho semelhantemente alto na tarefa C, nos testes da versão 01 e 02 alguns usuários relataram dificuldades de se obter informações precisas do município. Segundo eles, a ferramenta pode pegar informações de outros municípios, ou muitas vezes pode ser difícil identificar os limites dos municípios e apresentar com precisão o resultado da tarefa. No Quadro 19, são apresentados alguns questionamentos que os usuários levantaram durante a execução da tarefa.

Quadro 19 - Comentários dos usuários 02 e 07 sobre realizar a tarefa c

Usuário 02	"Eu tô tentando entender até onde vai Amparo do Serra."
	"Eu não sei se tá certo. Se tá mostrando da região só. Pra mim era isso aqui, não?"
Usuário 07	"Ah! É por que ta pegando a região de Ponte Nova."

"Eu não sei como limita, eu até selecionei para ver se é isso mesmo"

"Ah! Eu peguei outro município"

" O infográfico fica mostrando o que tá na tela se eu não selecionar"

Fonte: Autor, 2021

As queixas demonstram que, apesar de útil e de fácil manuseio, utilizar a ferramenta para obter uma informação exata pode se tornar uma experiência frustrante e complexa.

Na Tabela 11, fica evidente o quanto as dificuldades de compreender a extensão dos limites municipais geraram uma frequência maior de ações relacionadas a navegação pelo mapa (Grupo A), pois estas tomaram cerca de 50% das ações totais realizadas durante o teste do usuário 02.

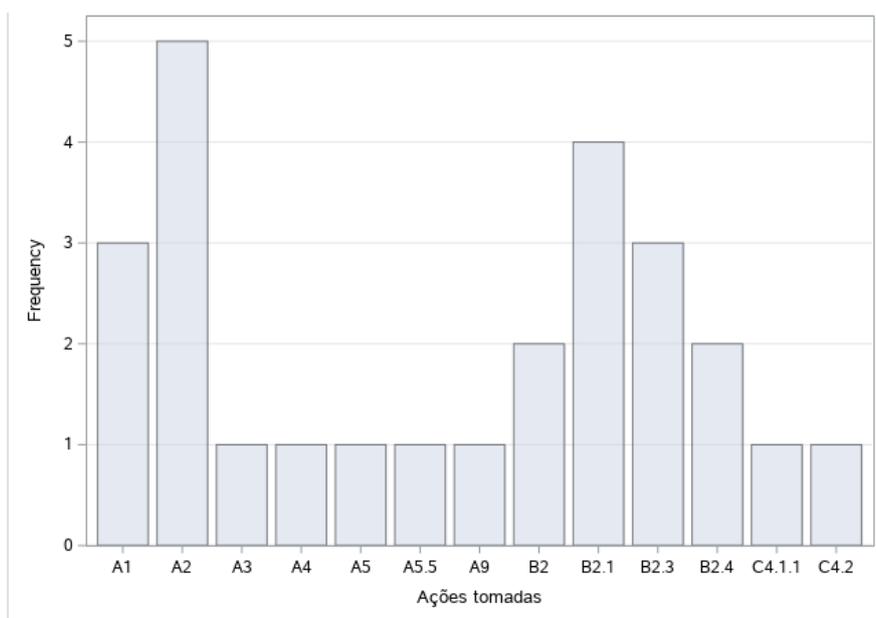
Tabela 11 - Ações tomadas pelo usuário 02

Ações tomadas	Frequência	Percentual	Frequência Acumulada	Percentual acumulado
A1	3	11.54	3	11.54
A2	5	19.23	8	30.77
A3	1	3.85	9	34.62
A4	1	3.85	10	38.46
A5	1	3.85	11	42.31
A5.5	1	3.85	12	46.15
A9	1	3.85	13	50.00
B2	2	7.69	15	57.69
B2.1	4	15.38	19	73.08
B2.3	3	11.54	22	84.62
B2.4	2	7.69	24	92.31
C4.1.1	1	3.85	25	96.15
C4.2	1	3.85	26	100.00

Fonte: Autor, 2021.

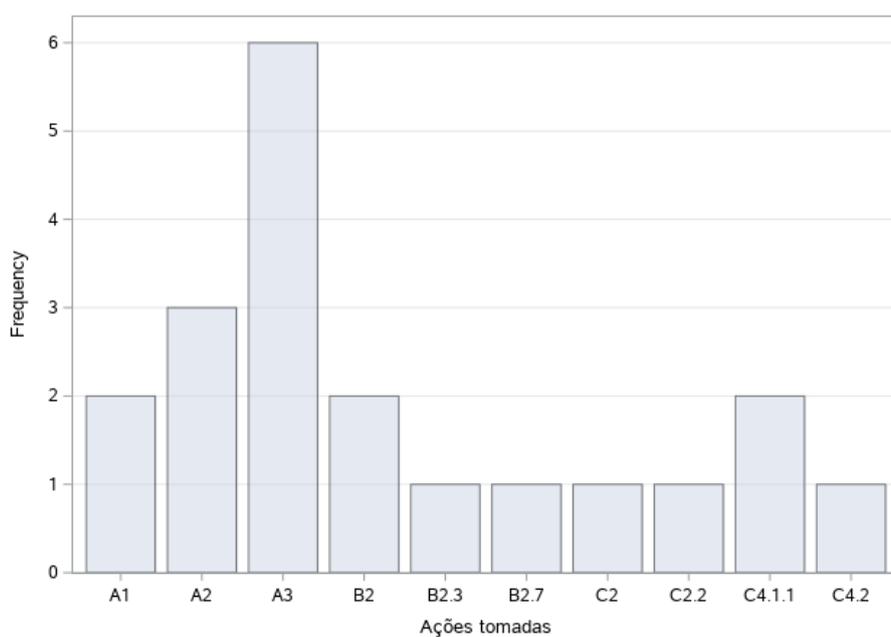
Nos gráficos da Figura 40 e da Figura 41, é possível identificar que ambos usuários buscaram utilizar as possibilidades dadas pela ferramenta de selecionar (Grupo B, seção B2) para definir as feições contabilizadas no infográfico.

Figura 40 - Frequência das ações realizadas pelo usuário 02 na Tarefa C



Fonte: Autor, 2021.

Figura 41 - Frequência das ações realizadas pelo usuário 07 na Tarefa C



Fonte: 2021.

Nota-se ainda que o usuário 07 tomou uma quantidade expressiva de ações de se movimentar pelo mapa (arrastar), representada pelo código A3. A ação de arrastar o mapa tomou cerca de 30% das ações totais, conforme a Tabela 12.

Tabela 12 - Ações do usuário 07 na tarefa C

Ações tomadas				
Ações tomadas	Frequência	Percentual	Frequência Acumulada	Percentual Acumulado
A1	2	10.00	2	10.00
A2	3	15.00	5	25.00
A3	6	30.00	11	55.00
B2	2	10.00	13	65.00
B2.3	1	5.00	14	70.00
B2.7	1	5.00	15	75.00
C2	1	5.00	16	80.00
C2.2	1	5.00	17	85.00
C4.1.1	2	10.00	19	95.00
C4.2	1	5.00	20	100.00

Fonte: Autor, 2021.

Tarefa F

Na tarefa F, exportar tabela de atributos, os resultados foram muito semelhantes e não houve nenhuma queixa de usuário, demonstrando ter uma ótima simplicidade em seu uso.

Por fim, para se obter o valor de Eficiência de cada versão, compilando todas as tarefas, foi realizado o cálculo da média. O valor obtido é computado como a Eficiência. Na Tabela 13, logo abaixo, estão apresentados os valores classificados por versão e se computando a média para cada uma delas.

Tabela 13 - Eficiência das Versões do web-GIS

Versão	Tarefa	Eficiência por tarefa
V01	A	3,5
	B	4,25
	C	5

	F	3,25
	média (Eficiência total)	4
V02	A	3,75
	B	3,3333333
	C	4,2
	F	4
	média (Eficiência total)	3,82083333
V03	A	3
	B	3,3333333
	C	3
	F	3,25
	média (Eficiência total)	3,14583333

Fonte: Autor, 2021

Tem-se, então, que a versão mais eficiente entre as três produzidas foi a Versão 01, com valor 4 na escala de 1 a 5, e que teve seu valor superior as demais devido a maior facilidade de se identificar as feições de nascentes (B) e também por facilitar a visualização do infográfico de uso do solo do município de Amparo do Serra (C).

5.6.3. Os resultados da Satisfação nos testes

Conforme foram apresentados os resultados da eficácia e eficiência, cabe, neste tópico, abordar a terceira e última métrica da usabilidade, a Satisfação. Esta tem a função de buscar quantificar a qualidade da experiência do participante após o uso de cada versão. Com os valores da Satisfação, é possível medir quais tarefas foram mais agráveis aos usuários, bem como qual versão os agradou mais na realização dos testes.

Na tentativa de melhor apresentar, em nível de detalhe, os resultados obtidos para esta métrica foram organizados por tarefa e por nível de experiência do participante com SIGs.

Tarefa A

A primeira tarefa a ser analisada é a de imprimir um mapa, de forma livre. No geral, ela foi avaliada de forma muito positiva. Seu valor de satisfação em cada uma das três versões se manteve acima de 4 (quatro) pontos. A diferença entre as versões foi muito baixa, onde o máximo de diferença de pontuação foi de 0,50, conforme Tabela 14.

Tabela 14 - Satisfação medida na tarefa A

Versão do produto	N Obs	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	N
Versão 01	4	4.25	0.5	4	5	4
Versão 02	4	4.5	0.5773503	4	5	4
Versão 03	4	4.75	0.5	4	5	4

Fonte: Autor, 2021

Quando analisada por tipo de usuário, a tarefa A manteve valores de satisfação acima de quatro pontos em ambos os grupos. Outro ponto notório é que, nas versões 02 e 03, os participantes do grupo *heavy* mantiveram nota total, ao passo que os leigos acusaram menor satisfação em se realizar a tarefa A. Já na versão 01, os usuários leigos avaliaram com nota superior ao usuário *heavy*. Os resultados por Versão são apresentados na Tabela 15, na Tabela 16 e Tabela 17.

Tabela 15 - Satisfação dos usuários leigos e *heavys* na Versão 01, Tarefa A

Tipo de usuario	N Obs	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
heavy	1	4	.	4	4
leigo	3	4.333333	0.57735	4	5

Fonte: Autor, 2021.

Tabela 16 - Satisfação dos usuários leigos e *heavys* na Versão 02, Tarefa A

Tipo de usuario	N Obs	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
heavy	1	5	.	5	5
leigo	3	4.333333	0.57735	4	5

Fonte: Autor, 2021.

Tabela 17 - Satisfação dos usuários leigos e *heavys* na Versão 03, Tarefa A

Tipo de usuario	N Obs	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
heavy	1	5	.	5	5
leigo	3	4.666667	0.57735	4	5

Fonte: Autor, 2021.

Tarefa B

Na tarefa B, os resultados de satisfação das versões 01 e 02 mantiveram uma mesma média, onde todos os participantes da tarefa assinalaram o valor máximo (5). De forma contrastada, a versão 03 foi avaliada com uma média de 3,66 (desvio padrão de 0,57).

Tabela 18 - Satisfação medida na tarefa B

Versão do produto	N Obs	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	N
Versão 01	4	5	0	5	5	4
Versão 02	6	5	0	5	5	6
Versão 03	3	3.666667	0.5773503	3	4	3

Fonte: Autor, 2021

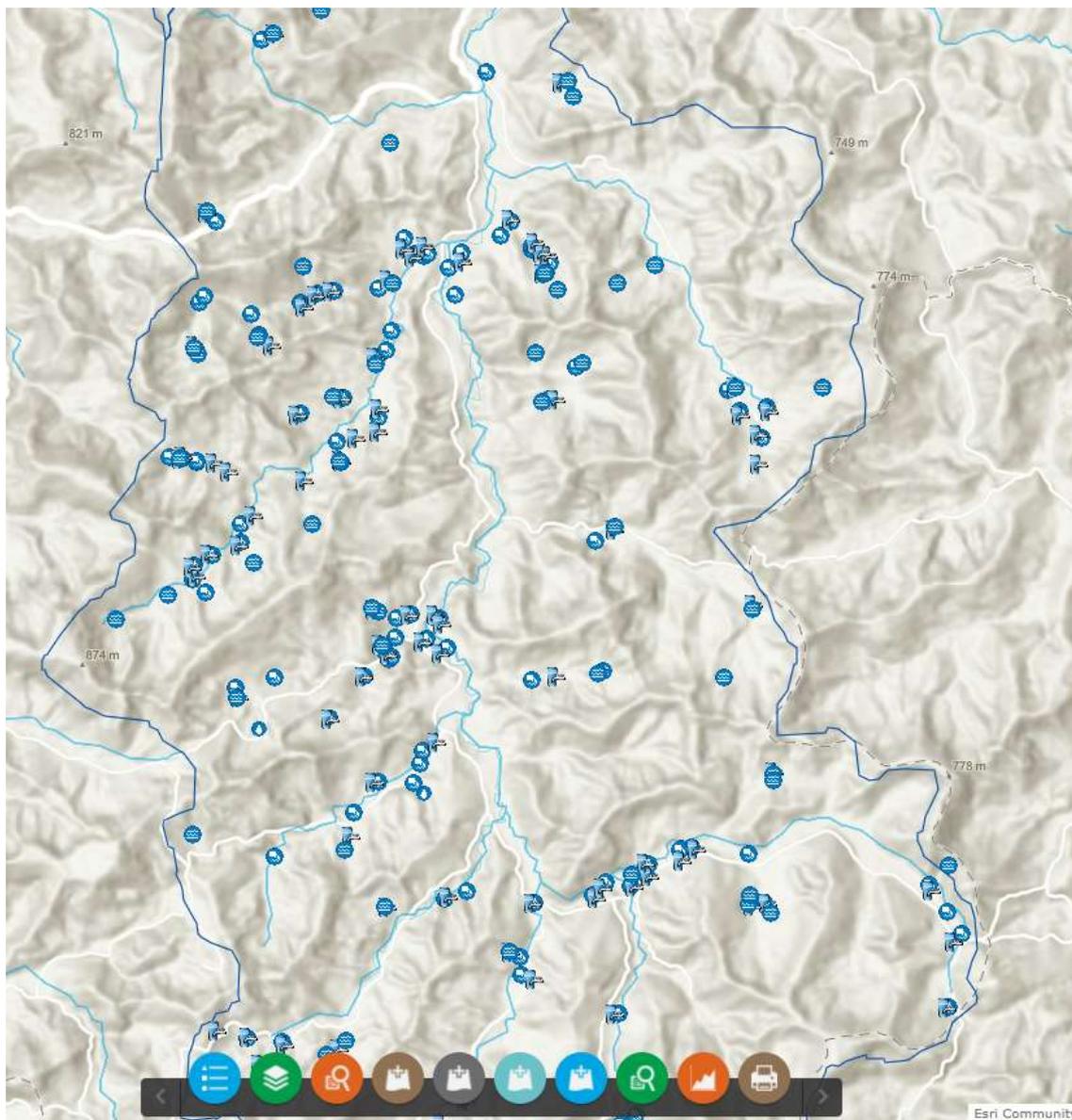
O motivo da nota mais baixa para a terceira versão demanda uma investigação no teste realizado. Foi identificado que os usuários que avaliaram a versão foram os participantes 09, 18 e 22, que anotaram a avaliação de 3, 4 e 4 pontos de satisfação, respectivamente.

Consultando a anotação dos testes, notou-se que o usuário 31 levantou uma crítica a respeito do uso de cores das feições de pontos, onde foram criticadas as camadas de lançamento de esgoto e de captação. O usuário 31 mencionou:

"Tem lançamento, captação. Tudo com uma cor semelhante."

Esta situação da falta de contraste entre as feições de pontos pode ser constatada na Figura 42, que traz uma impressão da tela da versão analisada.

Figura 42 - Camadas de nascentes, captação de água e lançamento de esgoto na versão 01



Fonte: Autor, 2021.

Já o usuário 13 teve de vasculhar os botões do painel de âncora para encontrar os dados do programa P52, para então remover e readicionar a camada de nascentes para encontrar os pontos correspondentes, conforme mencionado na seção de eficiência. Durante as ações até encontrar o botão correto, o usuário enfrentou problemas de funcionamento na ferramenta de consulta, que, devido à má configuração, forçou a reinicialização do *web-GIS*, o que pode ter sido responsável pela baixa avaliação na métrica de satisfação.

Esta hipótese encontra fundamento na resposta do usuário ao formulário, onde afirma:

“Parece que **acostumei com as versões anteriores**. Traz denominações mais técnicas relacionadas ao Programa Rio Vivo e assim os ícones ficaram mais específicos e mais detalhados. **Difícil inicialmente de trabalhar**, mas creio que é questão de se acostumar”

Apesar do usuário 25 ter anotado o valor de 4 pontos no formulário, ele assinalou ter dificuldades durante a realização da tarefa B, onde ainda afirmou:

“Tive dificuldade de adicionar a nascente na janela de camadas do mapa.”

Analisando as informações apresentadas dessa tarefa, percebe-se que houve influência direta da métrica de eficiência na satisfação. Estas interações podem ser mais exploradas e estudadas em outras pesquisas. Percebe-se também que, apesar da eficiência vir a ser alta no teste do usuário 31 (apenas duas ações para reconhecer a feição), outros aspectos influenciam na satisfação em se realizar a tarefa (definição e cores e símbolos), o que demonstra a importância de se analisar os três aspectos da experiência do usuário.

Tarefa C

Para visualizar o infográfico de uso do solo, os participantes anotaram valores interessantes acerca da satisfação para cada versão. O resultado surpreendente, pois contrariou a expectativa do pesquisador, foi o da versão 01. A média de satisfação em se realizar a tarefa C, nesta versão, ficou abaixo das demais (3,5 contra 4,6 e 4,25), sendo que se esperava um resultado superior na primeira versão do web-GIS, muito devido a especificidade do painel de controle com os infográficos se apresentarem ao usuário logo no carregamento. Os resultados podem ser consultados na Tabela 19, logo abaixo.

Tabela 19 - Satisfação medida na tarefa C

Versão do produto	N Obs	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	N
Versão 01	4	3.5	1.7320508	1	5	4
Versão 02	5	4.6	0.5477226	4	5	5
Versão 03	4	4.25	0.9574271	3	5	4

Fonte: Autor, 2021.

Pelo valor do desvio padrão, pode ser observado que as notas de satisfação que os usuários atribuíram foram bastantes divergentes. Conforme o resultado de valores mínimos, percebe-se que um ou mais usuários avaliaram a versão com nota 1.

As hipóteses que podem explicar este acontecimento são de que os usuários que não conseguiram completar a tarefa (usuários 13 e 16) avaliaram negativamente a versão.

Quadro 15 - Avaliação da Satisfação dos Usuários na Tarefa C, Versão 01

Usuário	Tarefa	Satisfação da Tarefa	Você teve dificuldades em encontrar a informação solicitada?	Se a resposta acima foi sim, qual dificuldade enfrentou?
13	C	4	Sim	Dificuldade inicial de localização do ícone, mais por falta de habilidade com o sistema
14	C	4	Não	
15	C	5	Não	
16	C	1	Sim	Não encontrei qualquer indicativo para identificar a cidade ou verificar a solicitação pelo gráfico lateral

Fonte: Autor, 2021.

Como pode ser visto no Quadro 19, o que influenciou a nota mais baixa para a versão 01 foi justamente a dificuldade do usuário 16 em completar a tarefa. O motivo da impossibilidade de completar a tarefa foi de não se identificar os limites municipais de Amparo do Serra, bem como não se encontrar a informação de uso do solo no painel de infográficos na lateral da tela.

Quando analisado por tipo de usuário, percebe-se que os usuários mais leigos tiveram mais dificuldades com a tarefa C e, por isto, avaliaram o seu nível de satisfação com notas mais baixas do que os usuários mais experientes, conforme visto na Tabela 20.

Tabela 20 - Satisfação dos usuários leigos e heavys na Tarefa C

Tipo de usuário	Versão		
	1	2	3
heavy	5	5	4
leigo	3	4.3333333	4.3333333

Fonte: Autor, 2021.

Tarefa D

Esta tarefa tem uma função específica na metodologia, que é a de identificar problemáticas de interpretação dos mapas. Portanto, ela foi analisada neste tópico, porém, não foi contabilizada para o nível de satisfação final.

De modo geral, os usuários não enfrentaram níveis de desconforto ou frustração durante o uso dos aplicativos para esta tarefa em específico, conforme pode ser constatado pelas altas notas de satisfação na Tabela 21.

Tabela 21 - Satisfação medida na tarefa D

Versão do produto	N Obs	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	N
Versão 01	4	4.25	0.9574271	3	5	4
Versão 02	3	4.333333	1.1547005	3	5	3
Versão 03	6	4.333333	1.2110601	2	5	6

Fonte: Autor, 2021.

O que pode ser inferido destes resultados é que os mapas não apresentaram problemas de interpretação graves aos usuários, de modo que não os levou a avaliar com baixos níveis de satisfação para nenhuma das versões.

Tarefa E

Esta foi a tarefa mais complexa entre todas aplicadas nesta pesquisa. De mesma forma, também foi a mais insatisfatória para os usuários dos aplicativos. Os valores de satisfação foram baixos para todas as versões avaliadas (Tabela 22).

Tabela 22 - Satisfação medida na tarefa E

Versão do produto	N Obs	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	N
Versão 01	4	2.5	1.9148542	1	5	4
Versão 02	3	2	1	1	3	3
Versão 03	3	1.333333	0.5773503	1	2	3

Fonte: Autor, 2021.

A baixa média de satisfação pode ter sofrido influência da eficácia da tarefa, uma vez que entre todos os participantes, somente um conseguiu concluir a tarefa. Corroborando com este entendimento, nota-se que o houve uma avaliação com nota máxima na versão 01. Esta avaliação foi realizada pelo usuário 19, que possui experiência com SIGs.

Os baixos valores de satisfação para esta tarefa indicam que é necessário rever uma forma de se exportar camadas no web-GIS final.

Tarefa F

Por fim, a tarefa de exportar os dados da tabela de atributos teve um alto valor de satisfação, o que remete a concluir que a função de disseminar as informações dos programas do Rio Vivo funcionam de forma satisfatória, ver Tabela 23.

Tabela 23 - Satisfação medida na tarefa F

Versão do produto	N Obs	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	N
Versão 01	4	4.5	1	3	5	4
Versão 02	3	4.333333	0.5773503	4	5	3
Versão 03	4	4.75	0.5	4	5	4

Fonte: Autor, 2021.

5.6.3.1. Resumo da Satisfação das tarefas

Analisando a média geral de cada versão, tem-se que a que mais agradou os participantes dos testes foi a versão 02, com 4,29 pontos na escala

de 1 a 5. As versões 01 e 03 tiveram resultados semelhantes entre elas, com 4 pontos na satisfação geral, Tabela 24.

Tabela 24 - Satisfação geral das Tarefas

Versão do produto	N Obs	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	N
Versão 01	24	4	1.3513278	1	5	24
Versão 02	24	4.291667	1.0826363	1	5	24
Versão 03	24	4	1.3187609	1	5	24

Fonte: Autor, 2021.

5.6.3.2. Satisfação geral: tarefas, feições e carregamentos

Nesta pesquisa foram captados outros aspectos da satisfação do usuário com os web-GIS. Foi perguntado aos participantes sobre a satisfação deles com as feições (pontos, linhas e polígonos) e com a velocidade de carregamento. OS resultados apontaram que a versão 02 foi mais agradável aos usuários em todos os aspectos, conforme Tabela 25.

Tabela 25 - Satisfação geral das versões

Elemento	Versão 01		Versão 02		Versão 03	
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
Polígono	4.16	0.963087	4.666667	0.56466	4.291667	0.80645
Satisfação da Tarefa	4	1.351328	4.291667	1.082636	4	1.318761
Velocidade de carregamento	4.33	0.816497	4.375	0.824226	4.166667	0.868115
Geometria de Linha	4.38	0.88	4.666667	0.637022	4.541667	0.832971
Geometria de Pontos	4.38	0.76967	4.583333	0.653863	4.25	0.944089
Total	4.25		4.516667		4.25	

Fonte: Autor, 2021.

Os valores de média total, aqui obtidos, foram aproveitados na equação de usabilidade, que é abordada a seguir.

5.6.4. Os resultados de usabilidade (UX)

Neste t3pico s3o aplicados os valores obtidos nas etapas de avalia33o anteriores. Os resultados das medidas de usabilidade foram compilados na Tabela 26.

Tabela 26 - Resultados de usabilidade

Medida	Vers3o		
	V1	V2	V3
Efic3cia	3.75	3.81665	3.75
Eficiência	4.00	3.82	3.15
Satisfa33o	4.25	4.51	4.25

Fonte: Autor, 2021.

Os valores resumidos na Tabela 26 s3o aplicados na equa33o de Usabilidade (UX). A seguir s3o apresentados os roteiros de c3lculo para cada vers3o.

A usabilidade (UX) da vers3o 01, ficou contabilizada como:

$$U_x(v01) = E_c * 0,35 + E_f * 0,2 + S * 0,45$$

Em que:

$$E_c: 3,75; E_f: 4,00; e S: 4,25$$

Aplicando a f3rmula da usabilidade:

$$U_x(v01) = 3,75 * 0,35 + 4,00 * 0,2 + 4,25 * 0,45$$

$$U_x(v01) = 1,31 + 0,8 + 1,91$$

$$\mathbf{U_x(v01) = 4,025}$$

Utilizando o mesmo racioc3nio para a vers3o 02, tem-se:

$$U_x(v01) = E_c * 0,35 + E_f * 0,2 + S * 0,45$$

Em que:

$$E_c: 3,81; E_f: 3,82; e S: 4,51$$

Aplicando a f3rmula da usabilidade:

$$U_x(v01) = 3,81 * 0,35 + 3,82 * 0,2 + 4,51 * 0,45$$

$$U_x (v01) = 1,34 + 0,76 + 2,03$$

$$U_x (v01) = 4,13$$

Já na versão 03 os resultados são os seguintes:

$$U_x (v01) = E_c * 0,35 + E_f * 0,2 + S * 0,45$$

Em que:

$$E_c: 3,75 ; E_f: 3,15; e S: 4,25$$

Aplicando a fórmula da usabilidade:

$$U_x (v01) = 3,75 * 0,35 + 3,15 * 0,2 + 4,25 * 0,45$$

$$U_x (v01) = 1,31 + 0,63 + 1,91$$

$$U_x (v01) = 3,85$$

Os resultados foram resumidos na Tabela 27. A aplicação da fórmula proposta concluiu que a versão com melhor medida de usabilidade foi a versão 02.

Tabela 27 - Usabilidade das três versões

Medida	Versão		
	V1	V2	V3
Eficácia	3.75	3.81665	3.75
Eficiência	4.00	3.82	3.15
Satisfação	4.25	4.51	4.25
Eficácia ponderada (35%)	1.3125	1.3358275	1.3125
Eficiência ponderada (20%)	0.8	0.764	0.63
Satisfação ponderada (peso 45%)	1.9125	2.0295	1.9125
UX	4.025	4.1293275	3.855

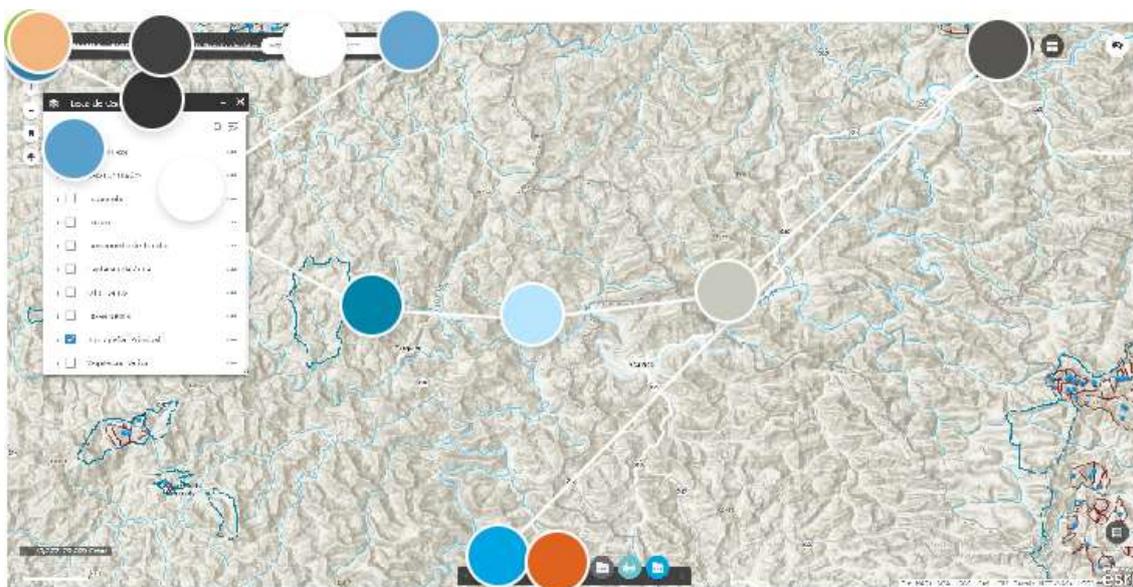
Fonte: Autor, 2021.

Uma vez que nesta pesquisa fosse considerada somente as medidas de usabilidade Eficácia e Eficiência, de forma a ignorar a Satisfação do usuário e a depender dos coeficientes de ponderação adotados, o resultado poderia apontar para a versão 01. Esta inferência indica que, apesar de as medidas interferirem umas às outras, conforme discutido em suas seções, cada uma tem a capacidade individual de impactar no resultado final.

5.7. Resultados da análise não baseada na experiência do usuário (An)

As impressões das telas iniciais (em JPEG) das três versões do web-GIS foram inseridas na plataforma de análise de gradiente da Adobe. Utilizando as lupas de coleta de cores, foi possível obter os códigos de cada elemento que estava na imagem da tela inicial de cada versão. Um exemplo da coleta realizada segue na imagem da Figura 43.

Figura 43 - Coleta de cores na ferramenta da Adobe



Fonte: Autor, 2021.

Os resultados de códigos coletados foram inseridos em uma planilha do excel e contabilizadas as células com valores presentes para cada versão. O resultado foi o Quadro 20 com as cores identificadas e a contagem total.

Quadro 20 - Códigos de cores contabilizadas por versão do web-GIS

Versão do WebGIS	Quantidade de Códigos	Códigos de cores de diferentes elementos					
V1	33	#6E6F69	#333333	#DDDDD1	#24B5CC	#222222	#999999
		#888F6D	#187BB5	#A0C279	#2F4F4F	#64C2E0	#E5E5E1
		#D28497	#CC8A00	#C8A0A0	#C2C2C2	#087E92	#FBE66A
		#485566	#EFF0E8	#E69800	#D43B47	#E56872	
		#FFFFFF	#745D64	#D6FFA8	#73A800	#68D2E0	
		#F29157	#C8501D	#47BCF5	#4A4A48	#7D7D7D	
V2	21	#3B8FC4	#A2C94A	#F3B680	#424241	#FFFFFF	#333333
		#853533	#575652	#DDDDD1	#464646	#00A5E3	#28AC66

		#62A5D0	#0084A8	#B8E6FF	#C9CABE	#00A6F8	#DF621E
		#937759	#6C6C6E	#6BC1C8			
V3	21	#3B8FC4	#A2C94A	#F3B680	#424241	#####	#333333
		#853533	#575652	#DDDDD1	#464646	#00A5E3	#009D4A
		#62A5D0	#1156A8	#B8E6FF	#C9CABE	#DF621E	#8F7253
		#6C6C6E	#6BC1C8	#1BA75C			

Fonte: Autor, 2021.

Os quantitativos da segunda coluna do quadro anterior foram inseridos na metodologia adotada e descrita anteriormente.

Aplicando a complexidade visual (equação 7), tem-se os seguintes resultados para a fórmula:

$$Comp = \frac{1}{C_p} \cdot n_i$$

Onde:

- Comp : complexidade visual observada
- C_p : número máximo de códigos de cores esperado, que foi definido pelo pesquisador como 768.
- n_i : número de códigos de cores contabilizados na versão analisada.

Versão 01

- n_1 : 33 elementos com cores de códigos diferentes.
- $Comp = \frac{1}{768} \cdot 33$
- $Comp = 0,043$

Versão 02

- n_2 : 21 elementos com cores de códigos diferentes.
- $Comp = \frac{1}{768} \cdot 21$
- $Comp = 0,027$

Versão 03

- n_3 : 21 elementos com cores de códigos diferentes.
- $Comp = \frac{1}{768} \cdot 21$
- $Comp = 0,027$

Após obtidos os valores de cada versão, eles foram multiplicados pelo teto da escala, ou seja, multiplicados por 5 (cinco). Com isto:

$$E = \text{Comp} \cdot \text{teto}$$

- $E (v01) = 0,043 \cdot 5 = 0,22$
- $E (v02) = 0,027 \cdot 5 = 0,13$
- $E (v03) = 0,027 \cdot 5 = 0,13$

Os valores ajustados à escala foram inseridos na equação que define a pontuação da análise não baseada na experiência do usuário. Abaixo seguem os cálculos realizados:

$$An = \text{teto (escala)} - E$$

Onde:

- An: análise não baseada na experiência do usuário, na escala definida.
- E: Valor de complexidade na escala definida.
- Teto (escala): 5.

Inserindo os valores, tem-se o seguinte resultado:

$$An (v01): 5 - 0,22 = \mathbf{4,78}$$

$$An (v02): 5 - 0,13 = \mathbf{4,87}$$

$$An (v03): 5 - 0,13 = \mathbf{4,87}$$

Os resultados indicam que as versões 02 e 03 possuem uma complexidade visual próxima ao se iniciarem. Por outro lado, a versão 01 indicou uma maior complexidade e, portanto, um menor valor na análise. Esta diferença se deu tanto pela configuração de iniciar com todas as camadas ativadas, quanto pela presença dos painéis de visualização dos infográficos iniciarem junto ao aplicativo.

5.8. Escolha da versão a aprimorar

Uma vez obtidas a medida de usabilidade (UX) e o resultado de análise não baseado na experiência do usuário, prossegue-se para o cálculo da decisão final.

Os valores a serem inseridos na equação estão descritos na Tabela 28, logo a seguir.

Tabela 28 - Valores de UX e An obtidos para as três versões

Variável	Versão		
	V1	V2	V3
UX (Experiência do usuário)	4.025	4.1293275	3.855
An (análise não baseada na experiência do usuário)	4,78	4,87	4,87

Fonte: Autor, 2021.

Abaixo, seguem os resultados da aplicação da fórmula proposta na metodologia, em cada tópico são abordados os valores de cada versão e, ao final, é apresentada a decisão da versão de base para o produto final.

Versão 01

$$D = UX * 0,60 + An * 0,40$$

Onde:

- D : decisão final
- UX: medida de usabilidade = 4,025
- An : Análise não baseada na experiência do usuário = 3,35

$$D = 4,025 * 0,60 + 4,78 * 0,40$$

$$D = 2,41 + 1,91$$

$$D = 4,32$$

Versão 02

$$D = UX * 0,60 + An * 0,40$$

Onde:

- D : decisão final
- UX: medida de usabilidade = 4,129
- An : Análise não baseada na experiência do usuário = 3,95

$$D = 4,129 * 0,60 + 4,87 * 0,40$$

$$D = 2,477 + 1,94$$

$$\mathbf{D = 4,42}$$

Versão 03

$$D = UX * 0,60 + An * 0,40$$

Onde:

- D : decisão final
- UX: medida de usabilidade = 3,855
- An : Análise não baseada na experiência do usuário = 3,95

$$D = 3,855 * 0,60 + 4,87 * 0,40$$

$$D = 2,31 + 1,94$$

$$\mathbf{D = 4,25}$$

Para visualizar e comparar os resultados, os valores obtidos foram inseridos na Tabela 29.

Tabela 29 - Pontuação da variável Decisão Final

Variável	Versão		
	V1	V2	V3
Decisão Final (D)	4,32	4,42	4,25

Fonte: Autor, 2021.

Desta forma, **foi escolhida a versão 02**, uma vez que ela atendeu melhor tanto a análise dos usuários, quanto foi menos complexa visualmente segundo a análise do pesquisador.

Com estes resultados, pode ser definida a versão que servirá de base para o produto final.

5.9. Versão Definitiva

A versão definitiva foi baseada nas configurações de Layout, *widgets* e de polígonos da Versão 02, nela foram realizadas incorporações de recursos e atributos melhor avaliados nas demais. Para as camadas de pontos, foi definida a simbologia da Versão 01, pois esta apresentou um resultado de “5” em média de satisfação e apresenta uma boa associação de semiológica, enquanto a simbologia da Versão 02 recebeu os seguintes comentários dos usuários (Quadro 21).

Quadro 21 - Comentários sobre as camadas de pontos da Versão 02.

Participante	Comentário no formulário
Usuário 11	"Cor de algumas feições do tipo ponto muito claras, escurecê-las; Dado de estradas não carrega (verificar se seria internet que utilizei). Gostei da apresentação dos dados de modo único."
Usuário 24	"Melhorar a visualização dos pontos."

Fonte: Autor, 2021.

Para a versão definitiva, foi escolhida a simbologia que está apresentada no Apêndice E. Neste, é possível verificar as cores que foram escolhidas para cada classe de cada camada, em código hexadecimal. Com estes dados e com os arquivos das camadas, o leitor que se interessar pode recriar o produto com os valores exatos adotados pelo pesquisador.

Além destas decisões, foram aprimoradas as informações que são apresentadas nas pop-ups de cada feição. Foi adicionado o título da pop-up, que, ao clicar na feição desejada, abrirá na janela a identificação de qual camada ela pertence. Por exemplo, com a camada de “processos erosivos” ativada e no topo da lista de camada, ao acionar o botão esquerdo do mouse em uma feição de uma propriedade rural será apresentada a informação de que a feição pertence àquela camada em questão. Na Figura 44, apresenta-se a comparação entre a visualização das versões anteriores e esta nova. Esta decisão foi realizada com base na solicitação direta do usuário 07, que disse:

“Indicar informações apenas ao passar o mouse em cima da geometria indicada. O aplicativo é muito interessante, porém necessita apresentar informações mais rápidas.”

Figura 44 - Comparação entre a versão 01 e versão final



Fonte: Autor, 2021.

Aprimoramentos como mudança na ordem de apresentação das informações da pop-up e remoção de informações vazias também foram realizadas.

5.9.1. Melhorias na funcionalidade da ferramenta “Selecionar”.

Um dos grandes entraves na boa funcionalidade das três versões foi como a ferramenta selecionar estava configurada. Como padrão, o widget vem com a definição de ativar o botão selecionar ao iniciar a ferramenta. Na maior parte dos testes, os usuários clicavam no botão “Selecionar” esperando ativá-lo, para depois selecionar os polígonos, o que causava uma frustração do objetivo. Foi, também, adicionado o recurso de selecionar por laço, presente na Versão 01, fornecendo a maior quantidade de possibilidades de seleção.

Foi adicionado o widget de gráfico, para que usuários avançados possam explorar possibilidades maiores de gerar informações mais precisas de regiões de interesse.

5.9.2. Recursos presentes na versão final, em comparativo com as demais

Em resumo, foram incluídos novos recursos e melhorados os que já existiam na versão 02. O Quadro 22 aponta os recursos disponíveis nesta versão e os compara com as que foram desenvolvidas anteriormente.

Quadro 22 - Recursos Disponíveis na Versão Final: Ferramentas e Camadas

Recurso		VERSÃO			
		1	2	3	FINAL
Imprimir		x	x	x	x
Selecionar	por ponto	x	x		x
	por retângulo	x	x	x	x
	por polígono	x	x	x	x
	por laço	x			x
Infográficos Dinâmicos	Vegetação Nativa	x			x
	Imóveis	x	x		x
	Nascentes	x	x		x
	Uso do Solo	x	x		x
	Forma de Tratamento	x	x		x
Gráficos	Processos Erosivos	x	x		x
	Forma de Tratamento			x	x
	Uso do Solo			x	x
Processos Erosivos				x	x
Tutorial					x
Downloads					x
Mais zoom		x	x	x	x
Medição					x
Conversão de coordenadas					x
Menos Zoom		x	x	x	x
Extensão Padrão		x	x	x	x
Legenda		x	x	x	x
Lista de Camada		x	x	x	x
Sobre		x	x	x	x
Tabela de Atributo		x	x	x	x
Meu Local			x	x	x
Encontrar Endereço ou Lugar			x	x	x
Galeria de Mapa Base			x	x	x
Consulta			x	x	x
Introduzir Dados	P12			x	
	P42			x	
	P52			x	
	Dados Gerais			x	
Camadas do Mapa	Nascentes	x	x		x
	Ponto dos Imóveis	x	x		x
	Recarga Hídrica	x	x		x
	Enxurrada	x	x		x
	Erosão	x	x		x
	Lançamento de Esgoto	x	x		x
	Captação de Água	x	x		x
	Olho Dagua	x	x		x
	Fossa Negra	x	x		x
	Hidrografia Principal	x	x	x	x
	Vegetação Nativa	x	x		x
	Forma de Tratamento	x	x		x
	Ordem de Priorização	x	x		x
	Área Consolidada	x	x		x
	Nascentes Imoveis	x	x		x
	Recarga Hidrica Poligono	x	x		x
	Vegetacao Nascentes	x	x		x
	Uso do Solo	x	x		x
	Processos Erosivos	x	x		x
	Área imóvel	x	x		x
Estradas	x	x		x	
Municípios	x	x	x	x	
Microbacias Priorizadas	x	x	x	x	

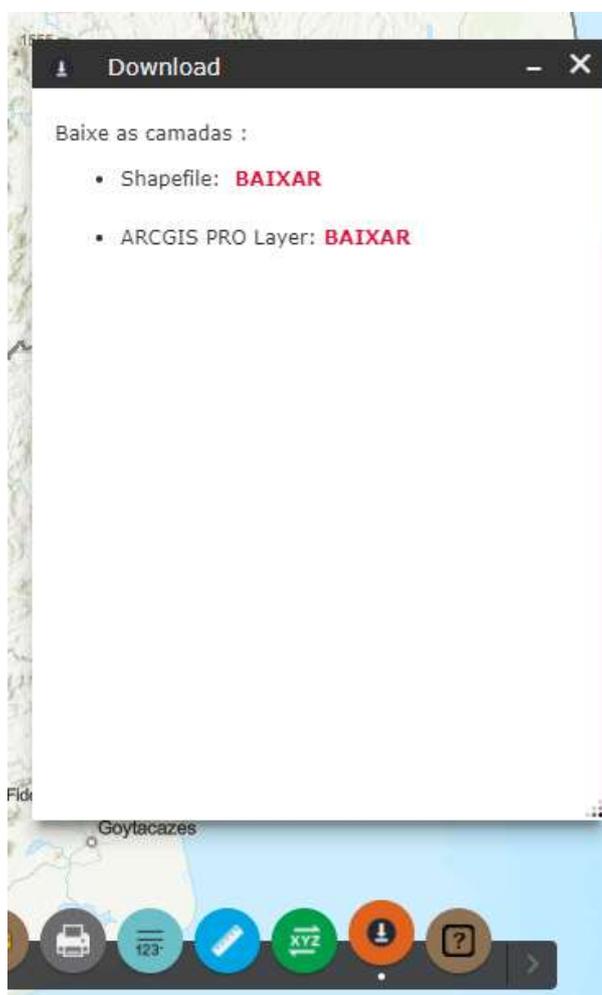
Fonte: Autor, 2021.

Portanto, esta versão se torna a mais completa e menos complexa para o usuário explorar, bem como para a sua visualização.

Como pode ser constatado, ainda foi inserida uma nova ferramenta, denominada Tutorial. Esta inserção foi realizada mediante a solicitação de usuários, que se queixaram de não encontrarem uma ferramenta com dicas de como utilizar as possibilidades do *web-GIS*.

Além desta, também foi adicionada uma nova ferramenta que permite o usuário realizar o download das camadas que foram utilizadas no *web-GIS*. A ferramenta é apresentada na Figura 45.

Figura 45 - Widget com links de downloads das camadas



Fonte: Autor, 2021.

Ao clicar no texto escrito “BAIXAR” o usuário é direcionado para uma página específica que contém os arquivos de camadas nos formatos Shapefile e ARCGIS PRO Layer.

5.9.3. Tutorial de uso da plataforma.

Levando em consideração os resultados de algumas tarefas, como a de exportar uma camada do mapa, foi criado um widget com informações de texto e figuras que traz o passo a passo de como realizar tarefas que sejam mais complexas.

Neste tutorial foram abordadas as funções de exportação de dados da plataforma para o sistema local do usuário. Estas funções são as:

- Exportar dados em arquivos de planilha (CSV);
- Baixar os arquivos de camadas usados na plataforma
- Exportar parte do mapa (exportar camada em GEOJSON, como na Tarefa E).

O widget foi adicionado na barra de ancoragem, no menu inferior da tela (Figura 46).

Figura 46 - Menu de barra de ancoragem: ícone de ajuda (tutorial)



Fonte: Autor, 2021.

Caso o usuário necessite de ajuda com alguma destas tarefas, basta clicar no último ícone, da esquerda para a direita, que se abre uma nova janela com o conteúdo de ajuda (Figura 47).

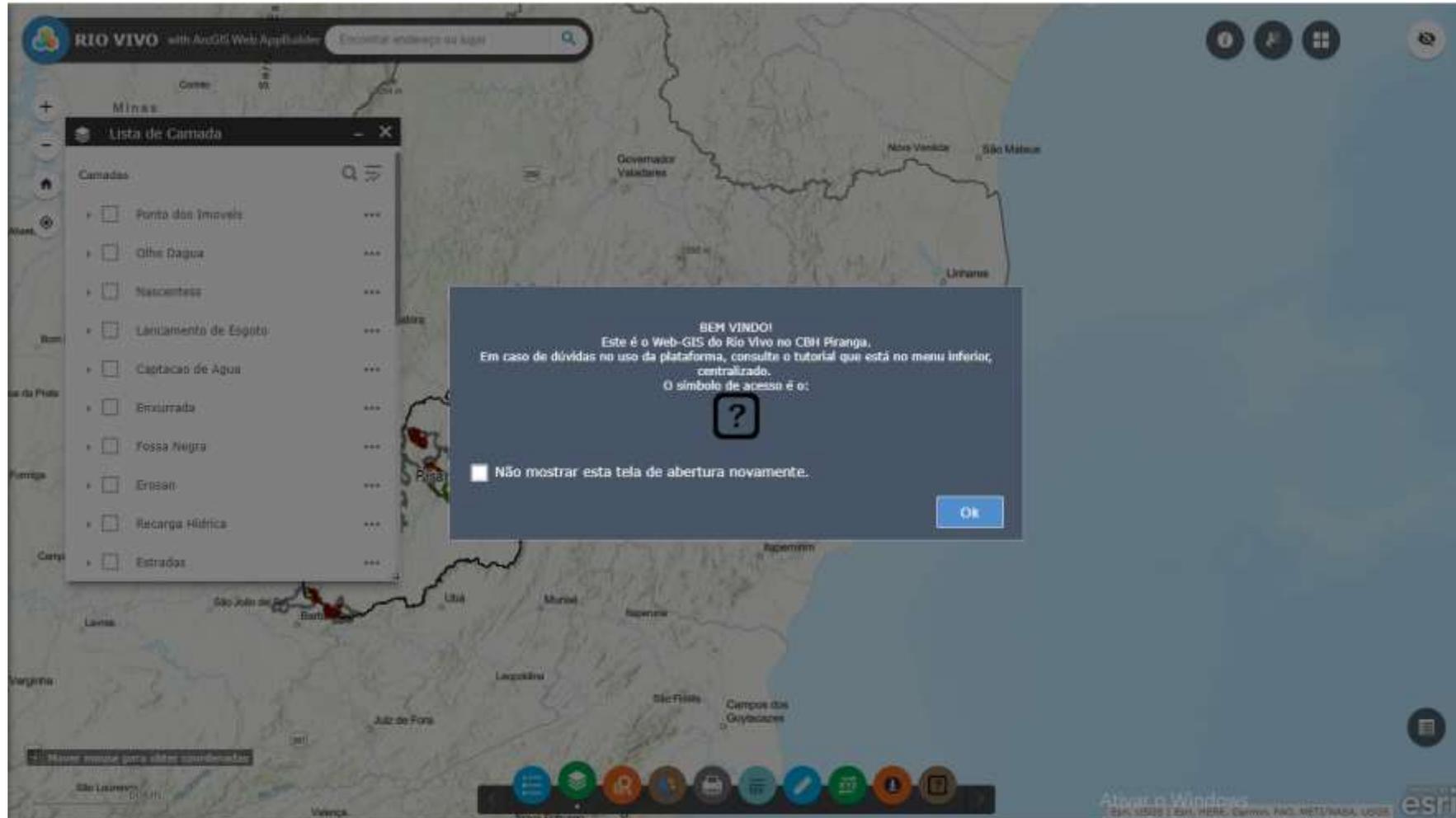
Figura 47 - Janela com o texto de ajuda.



Fonte: Autor, 2021.

Além de ter uma ferramenta com o tutorial indicando o uso adequado das ferramentas (Apêndice H), ao abrir a versão final, o usuário é imediatamente apresentado a uma tela com a mensagem dando boas vindas e indicando o tutorial da plataforma (Figura 48).

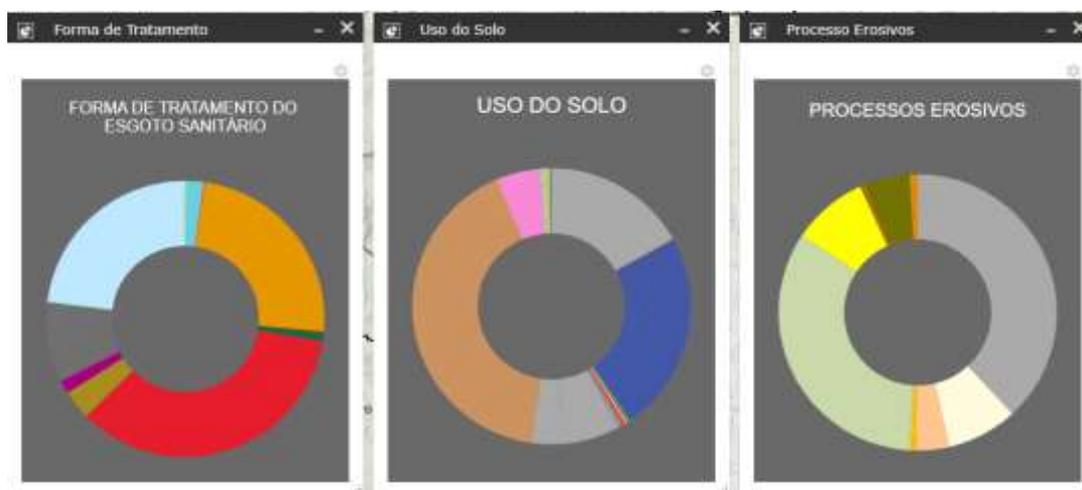
Figura 48 - Tela inicial da versão final



Fonte: Autor, 2021.

Acerca dos Infográficos, estes foram configurados para corresponder às cores das camadas, desta forma, espera-se que ocorra uma melhor associação entre as informações vistas no mapa e em cada infográfico. Além disso, a associação com as cores das camadas garante a acessibilidade à pessoas daltônicas, logo que foram adaptadas para este fim.

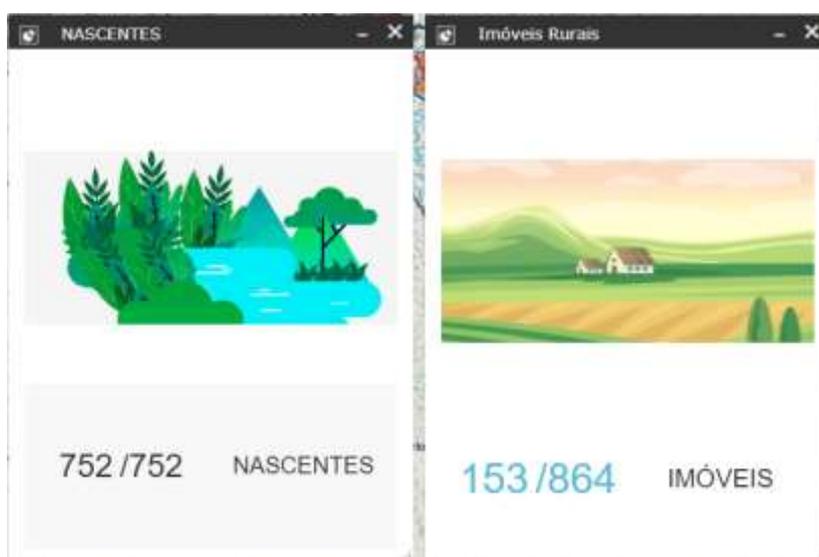
Figura 49 - Widgets de infográficos da versão final



Fonte: Autor, 2021.

Por sua vez, os contadores foram aprimorados para apresentar o valor de todas as feições contabilizáveis, ficando disposto no lado direito da contagem, após o símbolo de barra (Figura 50).

Figura 50 - Contadores da versão final



Fonte: Autor, 2021.

5.9.4. Melhorias na escolha de cores das camadas com relação ao contraste

As informações completas de coleta das cores hexadecimais das camadas classificadas como de sobreposição e de fundo podem ser verificadas no Apêndice F. Os valores, que lá estão, foram os inseridos na ferramenta de proporção de contraste utilizada.

Os resultados obtidos pela análise foram compilados na Tabela 30, onde é possível visualizar o índice de aprovação de cada camada de sobreposição ao serem combinadas com as de fundo. Nota-se que, das dez camadas analisadas, apenas menos da metade delas (quatro) obtiveram um índice de aprovação superior a 60%. Isto indica que deve ser feita uma análise de alternativas para melhorar o contraste da maior parte destas camadas.

Tabela 30 - Índice de aprovação da proporção de contraste das camadas de sobreposição

Camadas	Aprovado		Reprovado	
	n	%	n	%
Nascentes	23	26%	66	74%
Ponto dos Imóveis	74	84%	14	16%
Recarga Hídrica	32	36%	57	64%
Enxurrada	3	3%	86	97%
Erosão	18	20%	71	80%
Lancamento de Esgoto	62	70%	27	30%
Captação de Água	23	26%	66	74%
Olho Dagua	18	20%	71	80%
Fossa Negra	75	84%	14	16%
Vegetação Nativa	63	71%	26	29%

Fonte: Autor, 2021.

Outra forma de se verificar o desempenho das camadas, é por meio da média da proporção de contraste. Foi constatado que cinco das dez camadas possuíam valores abaixo de 2:1 de contraste. Estas camadas devem receber uma intervenção para adequar suas respectivas cores e aumentar a proporção média do contraste. Tais resultados estão disponíveis na Tabela 31, logo abaixo.

Tabela 31 - Média da proporção de contraste das camadas de sobreposição

Variável	Média	Desvio padrão
Nascentes	1.88764	1.1020456
Ponto dos Imóveis	6.550562	3.910973
Recarga Hídrica	2.707865	2.2673686
Enxurrada	1.449438	0.7387218
Erosão	1.58427	0.8091661
Lançamento de Esgoto	4.303371	2.6474881
Captação de Água	1.88764	1.1020456
Olho D'água	1.573034	0.8102699
Fossa	6.550562	3.910973
Vegetação Nativa	4.719101	2.9348562

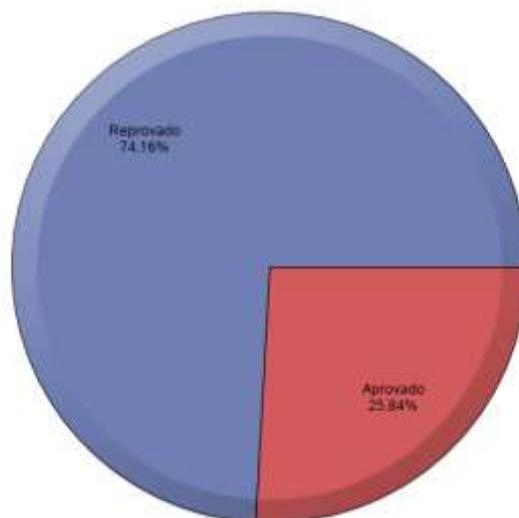
Fonte: Autor, 2021.

Nos próximos parágrafos, são analisadas de forma aprofundada cada uma destas camadas que obtiveram uma média inferior a 3:1 de proporção de contraste. Desta forma, explorou-se os motivos da baixa proporção observada e foram indicadas as intervenções possíveis para melhorar as condições de visualização destas.

Camada de pontos das Nascentes

Apesar do alto desempenho de eficiência e eficácia desta camada nos testes com os usuários, a análise de contraste apresentou uma baixa proporção, o que pode causar uma pobre qualidade na leitura do mapa. Sabendo-se que seu índice de aprovação foi de menos de 25% da amostra de cores combinadas (Figura 51) , propõe-se explorar o fato de em quais camadas ocorreram as mais baixas proporções de aprovação do contraste.

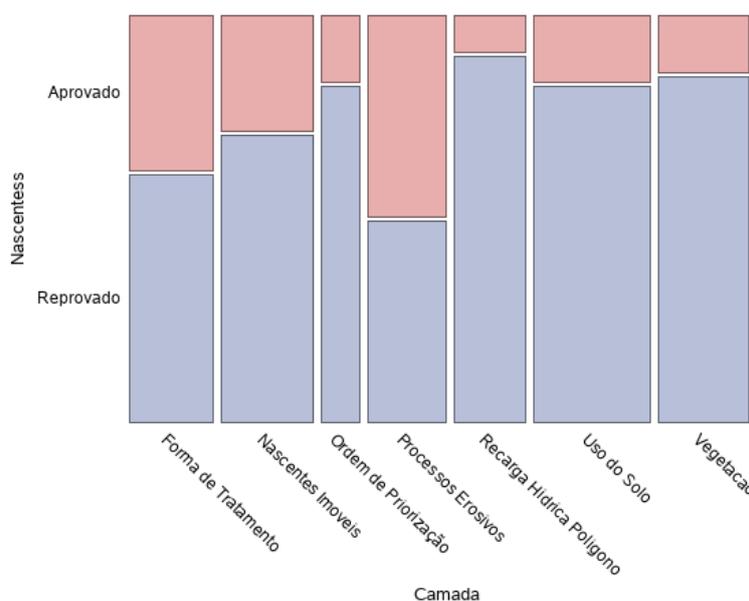
Figura 51 - Camada de Nascentes: Índice de aprovação da proporção de contraste



Fonte: Autor, 2021.

Com o apoio do *software* SAS Studio, foi gerado um gráfico do tipo mosaico, em que as camadas de fundo constituíram o eixo horizontal e o resultado de aprovação e reprovação perfizeram o eixo vertical. Este gráfico permite que sejam apresentados de forma resumida e simplificada a proporção de aprovação e reprovação da camada de nascentes para cada camada de fundo. O resultado pode ser visualizado na Figura 52.

Figura 52 - Gráfico de mosaico da aprovação da camada de nascentes em relação as camadas de fundo

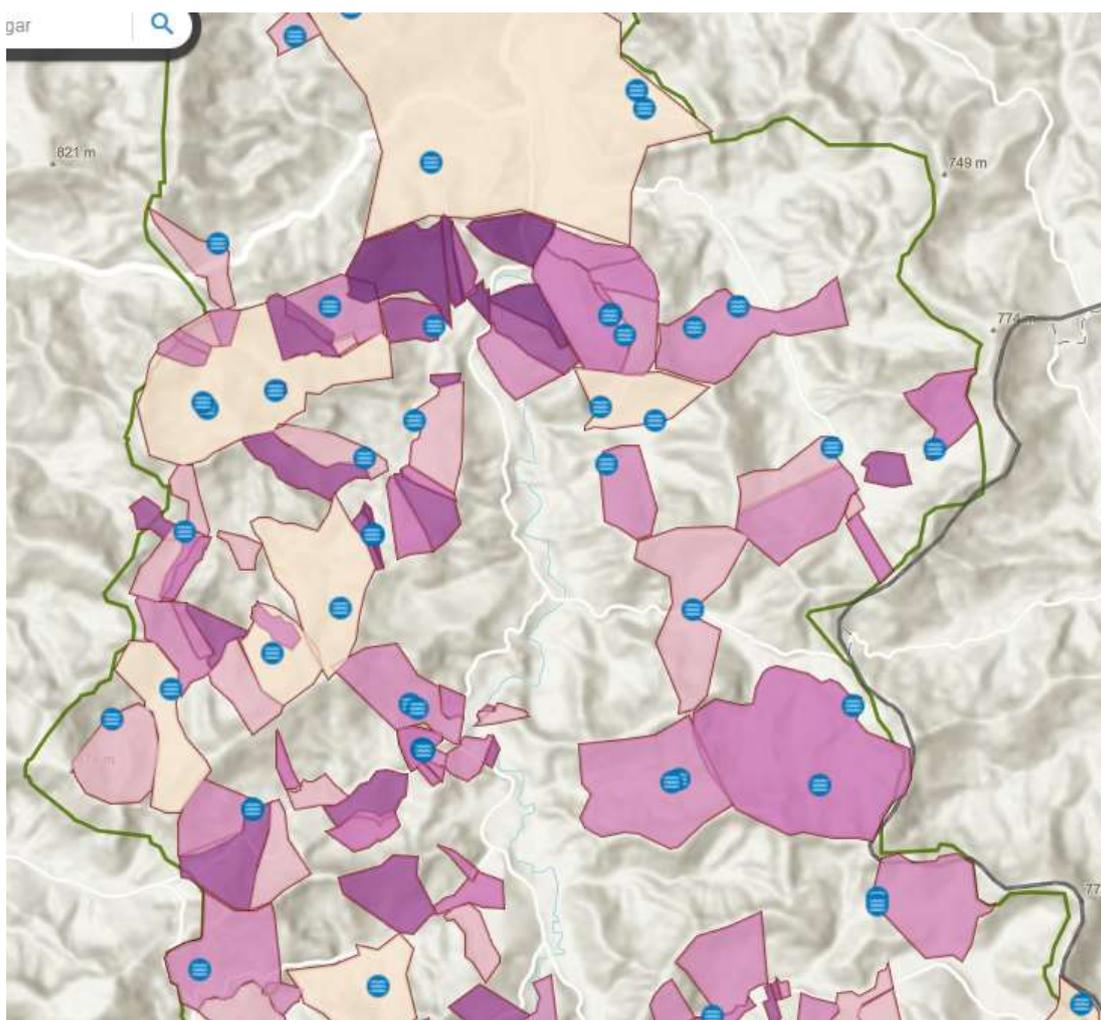


Fonte: Autor, 2021.

A partir do gráfico, conclui-se que as camadas que tiveram a maior reprovação de contraste foram as de “Ordem de Priorização”, “Recarga Hídrica Polígono”, “Uso do solo” e “Vegetação Nascentes”. Partindo destes resultados, a seguir, são exploradas as imagens retiradas diretamente do *web Map* da versão final do webGIS e buscadas as soluções cabíveis.

A sobreposição da camada de nascentes com a de ordem de priorização (Figura 53) mostra que os principais conflitos de contraste ocorrem nas feições com cores frias e escuras (códigos HEX #915594, #b471ab, #d68dc3) que tiveram resultados abaixo de 2:1 (1.25 : 1, 1.29 : 1, 1.85 : 1). As cores mais claras desta camada (#dda0c7, #ebc5d0, #f8ead9) tiveram melhor desempenho, sendo aprovadas ou com valores muito próximos ao adequado (2.18 : 1, 2.94 : 1, 3.89 : 1).

Figura 53 - Camada de nascentes sobreposta a de Ordem de Priorização



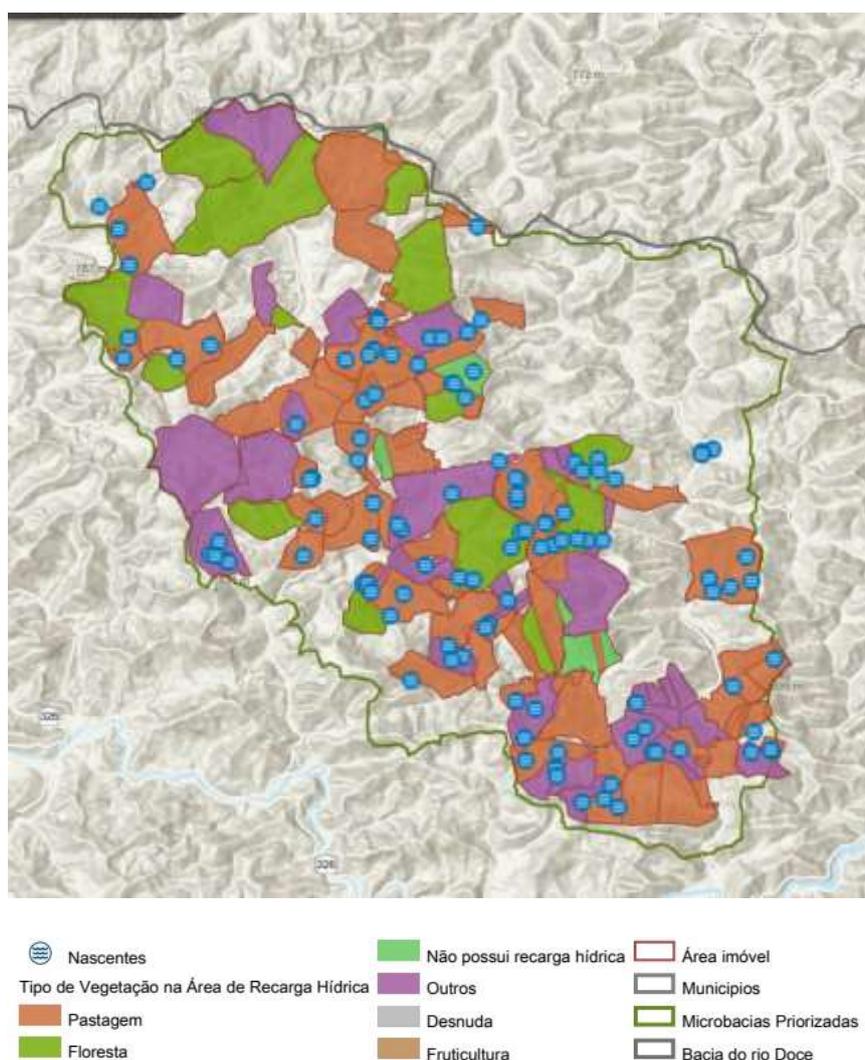
Fonte: Autor, 2021.

Mediante a estas informações, entende-se que o desempenho de contraste da camada de nascentes para a ordem de priorização foi próximo do mais adequado.

Já para a camada de polígono da Recarga Hídrica, observou-se diversas sobreposições dos pontos de nascentes em feições com cores frias e de brilho semelhante.

Feições classificadas como áreas de floresta, pastagem, fruticultura e silvicultura tiveram desempenho abaixo da proporção 2:1. A aprovação de proporção de contraste para esta situação foi de apenas uma classe de feição de onze, no total.

Figura 54 - Pontos de nascentes sobrepostos na camada de polígono da Recarga Hídrica



Fonte: Autor, 2021.

Os resultados são apresentados na Tabela 32, logo abaixo:

Tabela 32 - Resultados de proporção de contraste da camada Nascentes com a de Recarga Hídrica

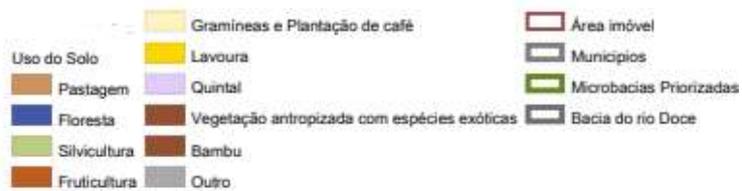
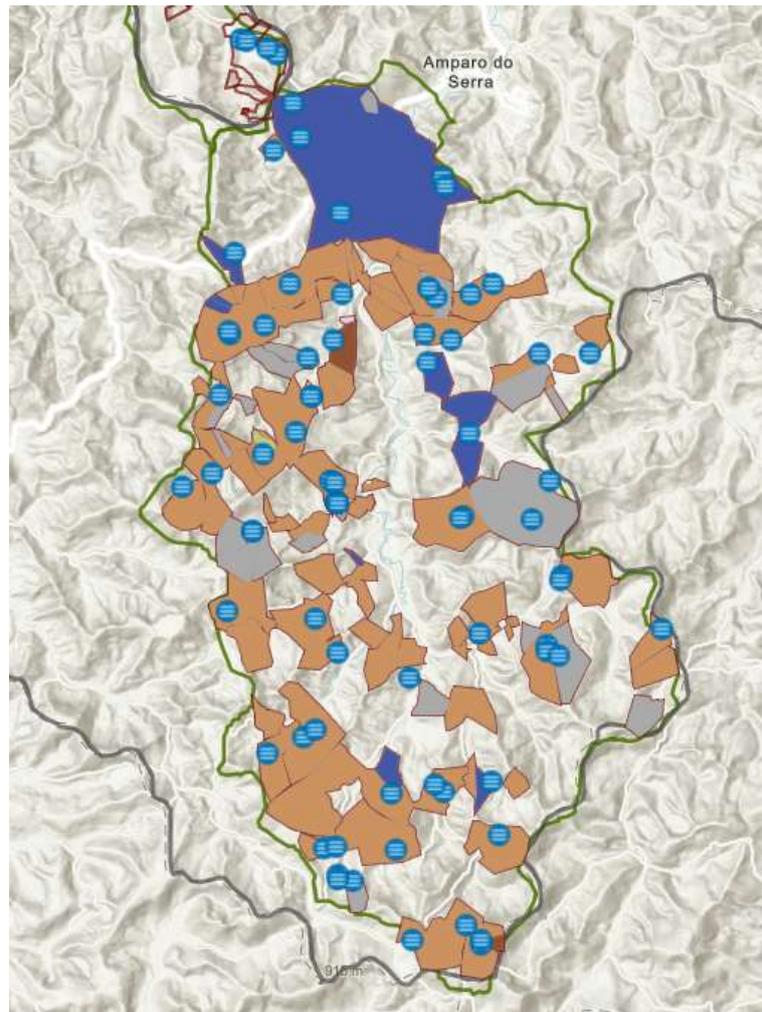
Camada	Classe de feição	Código de cores em Hexadecimal	Proporção de contraste
Recarga Hídrica Poligono	Pastagem	#CD8900	1.57 : 1
	Floresta	#73A800	1.61 : 1
	Não possui recarga hídrica	#A7C636	2.36 : 1
	Outros	#9E559C	1.08 : 1
	Silvicultura	#CDAE00	2.11 : 1
	Desnuda	#B2B2B2	2.17 : 1
	Floresta e Pastagem	#F789D8	2.09 : 1
	Fruticultura	#B7814A	1.37 : 1
	Remanescente de Mata Atlântica	#3CAF99	1.71 : 1
	Floresta e Silvicultura	#6B6BD6	1.03 : 1
Outro	#FFEBBE	3.92 : 1	

Fonte: Autor, 2021

Os baixíssimos desempenhos, aqui demonstrados, indicam que a camada de pontos de nascentes deve passar por intervenções para que seja adequado o nível de contraste entre os demais elementos da camada de Recarga Hídrica.

Na interação com a camada de Uso do Solo, a de pontos das Nascentes teve problemas principalmente com as feições classificadas como Floresta. Isto ocorre devido a atribuição da cor azul escura para essas feições, o que cria um baixo contraste com a de Nascentes (que possui cor semelhante).

Figura 55 - Camada de nascentes sobreposta a de Uso do Solo



Fonte: Autor, 2021.

Estes mesmo problemas ocorreram em outras camadas, como a de vegetação antropizada com espécies exóticas. Os resultados de desempenho da camada estão presentes na Tabela 33.

Tabela 33 - Valores de proporção de contraste da camada de Nascentes sobreposta a de Uso do Solo

Camada	Classe de feição	Código de cores em Hexadecimal	Proporção de contraste
	Pastagem	#CC9260	1.72 : 1

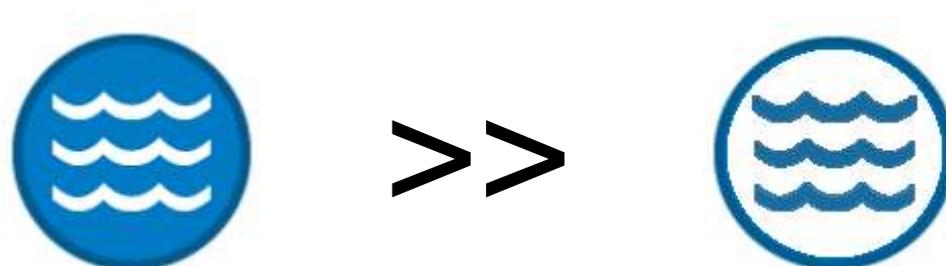
Camada	Classe de feição	Código de cores em Hexadecimal	Proporção de contraste
Uso do Solo	Floresta	#4458A8	1.42 : 1
	Não se aplica	#BFB5A9	2.28 : 1
	Outro	#C78F88	1.69 : 1
	Silvicultura	#BDCC83	2.66 : 1
	Pastagem e floresta	#F789D8	2.09 : 1
	Não Possui APP	#FF2B41	1.24 : 1
	Não possui vegetação	#8A92A0	1.47 : 1
	Floresta estágio avançado	#49B38E	1.78 : 1
	Bambu	#935132	1.32 : 1
	Floresta estágio médio	#1489D1	1.21 : 1
	Fruticultura	#BD5D21	1.04 : 1
	Gramíneas e Plantação de café	#FFF3BF	4.13 : 1
	Lavoura	#FFD600	3.26 : 1
	Pastagem e Vegetação Hidrofila	#F5B628	2.54 : 1
	Quintal	#E2CCFA	3.12 : 1
	Vegetação Brejo	#3DC2BA	2.11 : 1
	Vegetação antropizada com espécies exótica	#935132	1.32 : 1

Fonte: Autor, 2021.

Sugestão de intervenção na camada de nascentes

Uma possível alteração nas cores da camada de nascentes seria substituir a cor azul (#007ac2) pela branca (#FFFFFF) e os elementos que compõem o símbolo e que estão em branco passariam para a cor azul escura, conforme Figura 56.

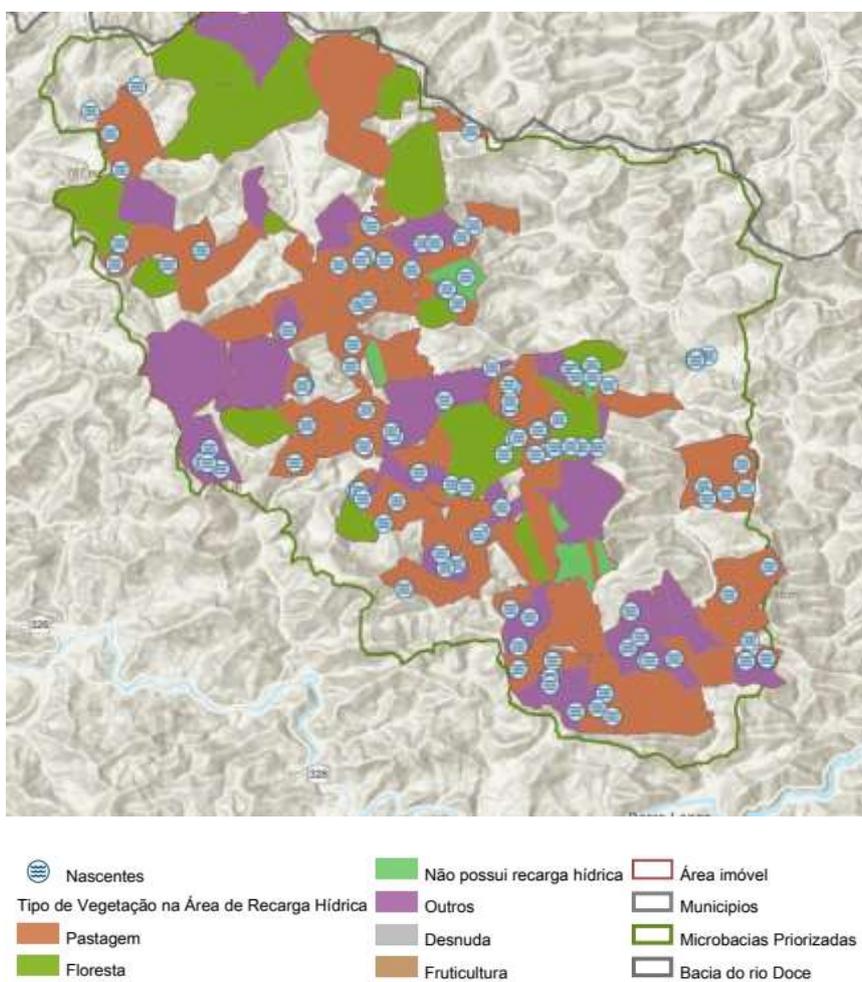
Figura 56 - Alterações de cores na camada Nascentes



Fonte: Autor, 2021.

O mapa com a alteração implementada ficou da seguinte forma (Figura 57):

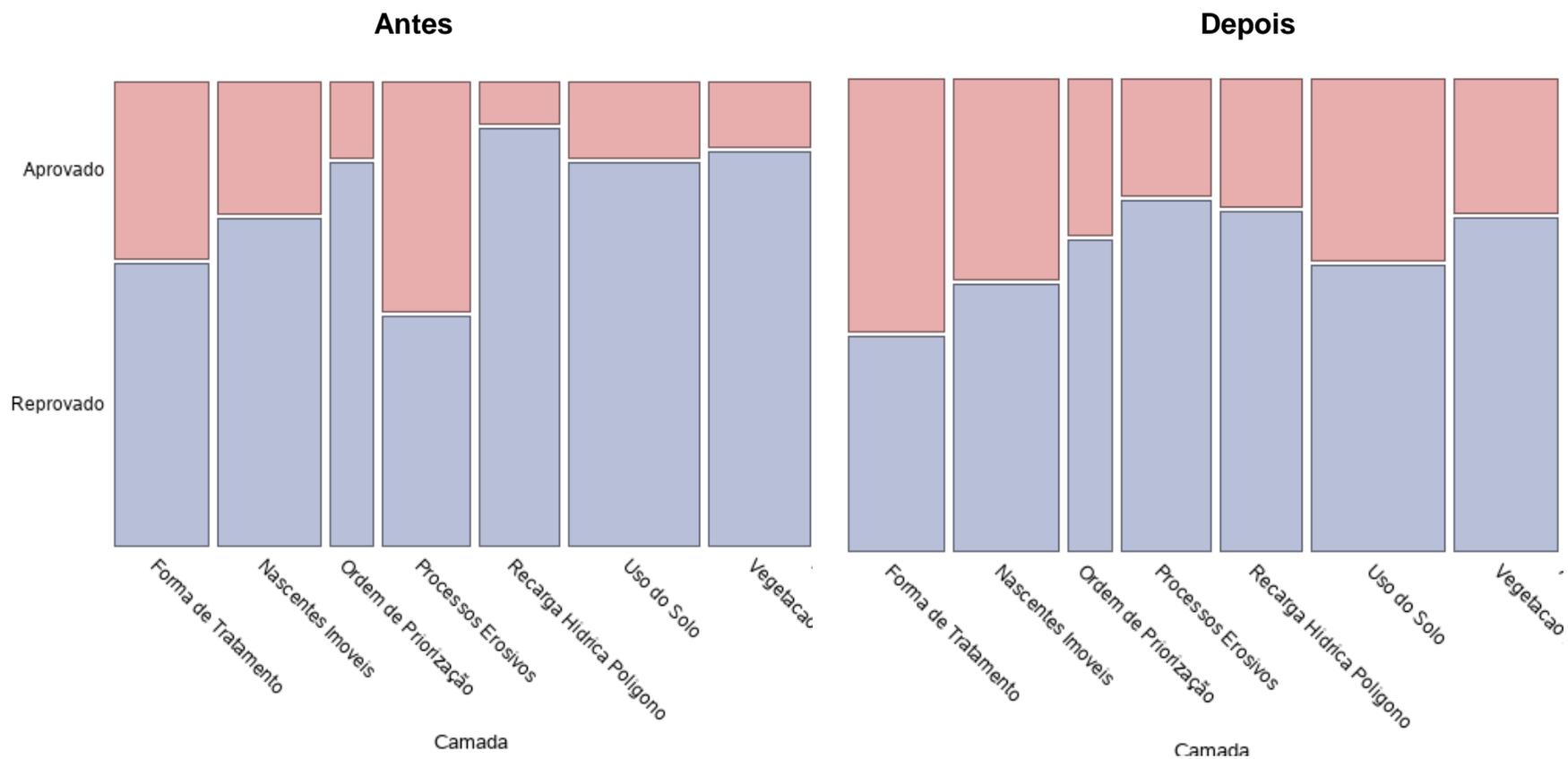
Figura 57 - Alterações de cores na camada de Nascentes



Fonte: Autor, 2021.

Essa alteração implica na seguinte modificação de proporção de contraste entre as camadas: o quantitativo de aprovação aumentou em quase todas as combinações com camadas de fundo. A única camada de fundo com a qual a nova configuração de cores do símbolo de nascentes não houve aumento, mas sim redução no índice de aprovação, foi a de Processo Erosivos, conforme (Figura 58). Desta forma, apesar de não ser uma melhora unânime, espera-se que as mudanças tenham um impacto positivo no contexto geral.

Figura 58 - Comparação do Índice da aprovação de contraste antes e depois das alterações

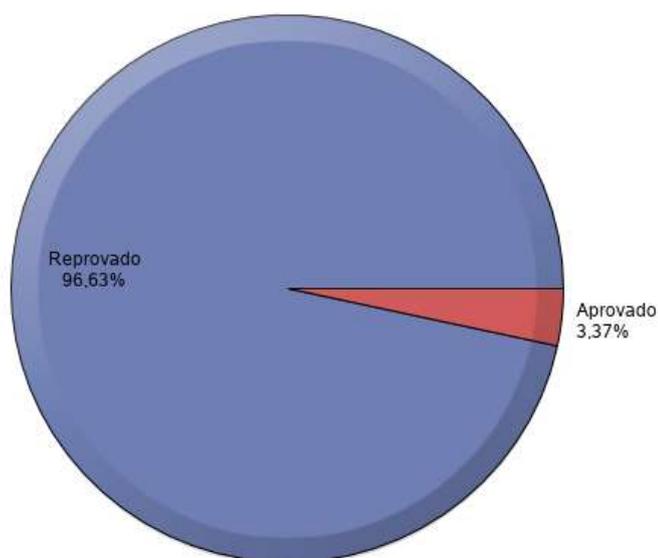


Fonte : Autor, 2021.

Camada de Enxurrada

Esta camada possuiu o mais baixo índice de aprovação de contraste entre todas as demais da amostra estudada. Das combinações realizadas, 97% foram reprovadas na análise de contraste (Figura 59).

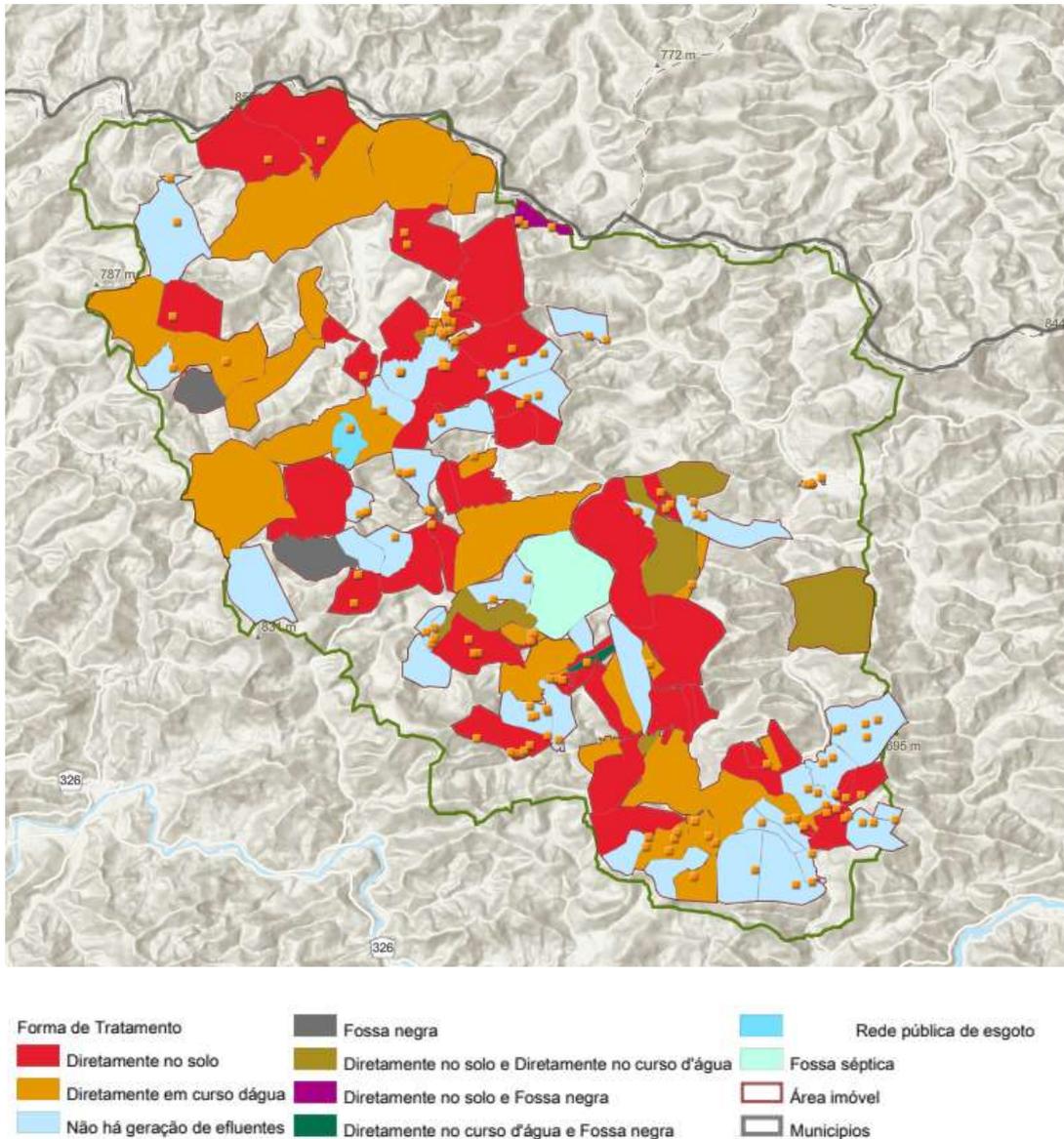
Figura 59 - Camada de Enxurrada: Índice de aprovação da proporção de contraste



Fonte: Autor, 2021.

Para exemplificar o nível de conflito do contraste da camada de Erosão com uma de fundo, foi sobreposta ela à de Forma de Tratamento (Figura 60).

Figura 60 - Camada de Enxurrada sobreposta a de Forma de Tratamento



Fonte: Autor, 2021.

Observa-se, no canto superior esquerdo do mapa, que os pontos de enxurrada ficam praticamente imperceptíveis quando sobrepostos à feição de imóveis com lançamento classificado como “Diretamente em curso d’água” (cor alaranjada).

Estes resultados demonstram que a cor escolhida para a camada de Enxurrada (#fd8a00) não se adequa ao uso em mapas com várias camadas de cores diversificadas. Desta forma, deve ser proposta uma mudança na

representação da camada em que seja introduzida uma cor com melhor desempenho.

Para solucionar o problema identificado, propôs-se a alteração das cores de preenchimento e contorno da simbologia original. A cor de preenchimento escolhida foi a branca (#FFFFFF) – que apresentou um desempenho próximo de 3:1 na camada de Recarga Hídrica – e a borda na cor marrom (#734C00). A escolha de duas cores, com a mais “escura” como borda foi feita para gerar contraste adequado (7.6:1) dentro da simbologia e trazer um efeito de destaque aos pontos no mapa. O resultado de contraste está apresentado na Figura 61, abaixo.

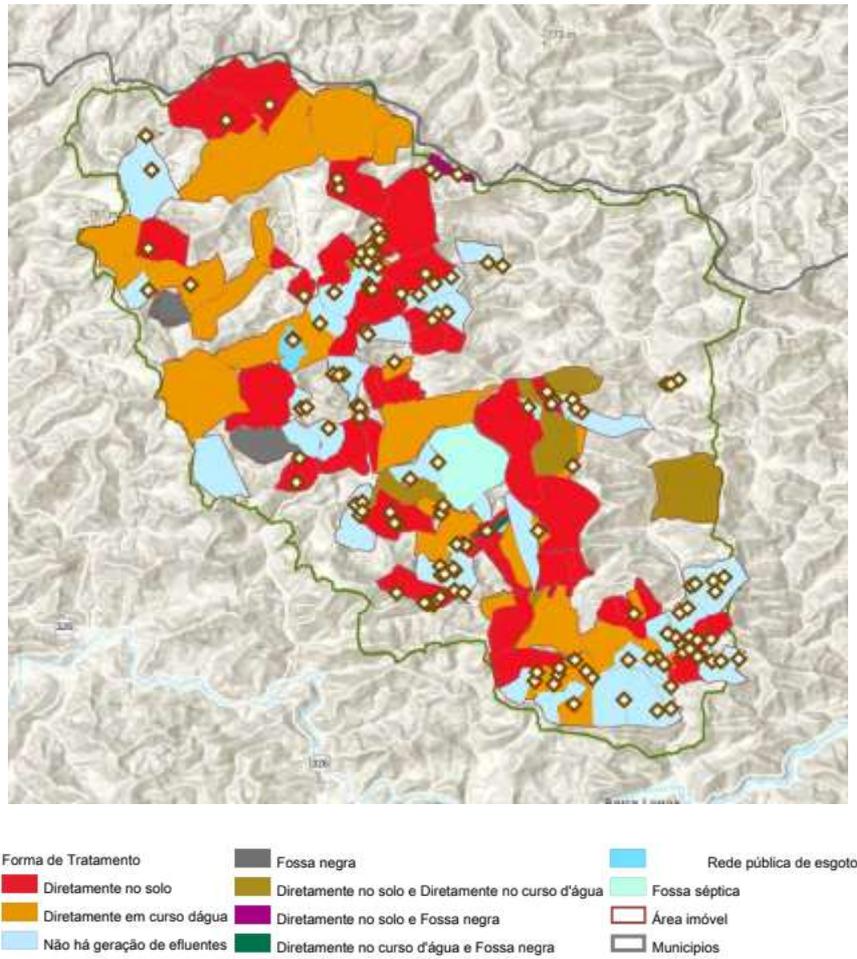
Figura 61 - Contraste das cores de fundo e borda na camada de Enxurrada



Fonte: Autor, 2021.

Com estas mudanças, obteve-se o mapa da Figura 62, logo abaixo.

Figura 62 - Camada de Enxurrada sobreposta a de Forma de Tratamento

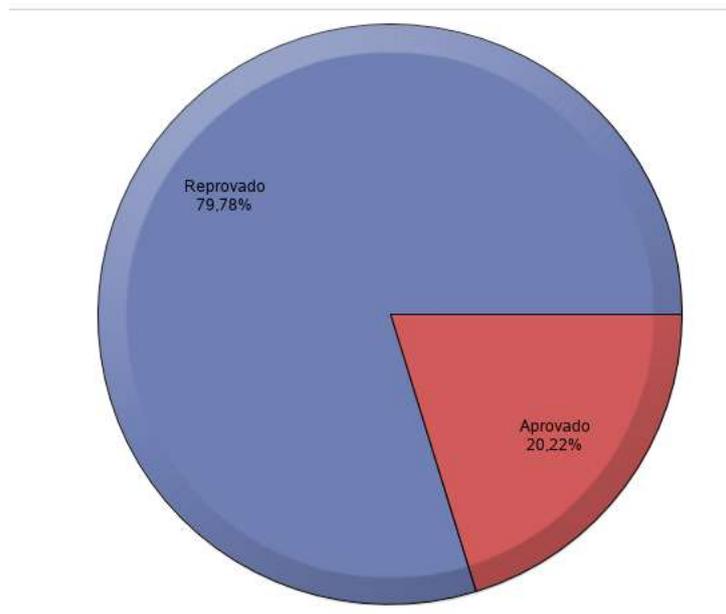


Fonte: Autor, 2021

Camada de Erosão

A camada de pontos de erosão apresentou um desempenho de aprovação e apenas 20%, aproximadamente. Este valor indica que é necessário explorar os motivos da proporção de contraste ter sido rejeitada em sua maioria. Desta forma, identificar qual das camadas teve a maior rejeição pode auxiliar na proposição de novas cores e formas.

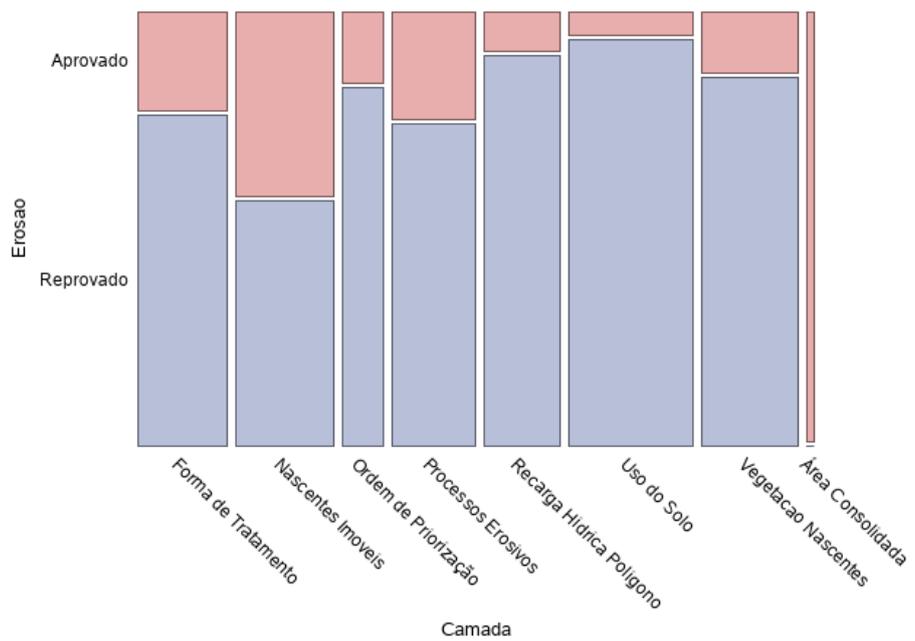
Figura 63 - Camada de Erosão: Índice de aprovação da proporção de contraste



Fonte: Autor, 2021

Explorando os dados por meio do gráfico de mosaico da camada de sobreposição com as de fundo (Figura 64), nota-se que as com maior quantidade de reprovação da proporção de contraste foram a de “Uso do Solo”, “Recarga Hídrica” e “Vegetação das Nascentes”. Para estas, foram realizadas análises dos valores de contraste obtidos e foi buscada uma forma de aprimorar a proporção entre as duas camadas.

Figura 64 - Gráfico de mosaico da aprovação da camada de Erosão em relação as camadas de fundo



Fonte: Autor, 2021.

Os valores de proporção de contraste apresentaram que somente uma classe obteve aprovação, ou seja, com resultado superior ou igual a 3:1. Das camadas analisadas, treze tiveram valores inferiores a proporção de 2:1, demonstrando que se faz necessária uma intervenção na simbologia de Erosão para aprimorar os resultados.

Tabela 34 - Valores de contraste da camada Erosão com a de Uso do Solo

Camada	Classe	Código HEX	Contraste
Uso do Solo	Pastagem	#CC9260	1.42 : 1
	Floresta	#4458A8	1.72 : 1
	Não se aplica	#BFB5A9	1.88 : 1
	Outro	#C78F88	1.4 : 1
	Silvicultura	#BDCC83	2.19 : 1
	Pastagem e floresta	#F789D8	1.72 : 1
	Não Possui APP	#FF2B41	1.03 : 1
	Não possui vegetação	#8A92A0	1.21 : 1
	Floresta estágio avançado	#49B38E	1.47 : 1
	Bambu	#935132	1.6 : 1
	Floresta estágio médio	#1489D1	1:1
	Fruticultura	#BD5D21	1.16 : 1

Camada	Classe	Código HEX	Contraste
	Gramíneas e Plantação de café	#FFF3BF	3.41 : 1
	Lavoura	#FFD600	2.69 : 1
	Pastagem e Vegetação Hidrofila	#F5B628	2.1 : 1
	Quintal	#E2CCFA	2.58 : 1
	Vegetação Brejo	#3DC2BA	1.74 : 1
	Vegetação antropizada com espécies exótica	#935132	1.6 : 1

Fonte: Autor, 2021.

Assim como a relação com a camada de Uso do Solo, a de Recarga Hídrica obteve apenas uma aprovação entre as classes analisadas. Dos resultados obtidos, somente cinco proporções de contraste tiveram valores superior ou igual a 2:1.

Tabela 35 - Valores de contraste da camada Erosão com a de Recarga Hídrica

Camada	Classe	Código HEX	Contraste
Recarga Hídrica Polígono	Floresta	#73A800	1.61 : 1
	Não possui recarga hídrica	#A7C636	2.36 : 1
	Outros	#9E559C	1.08 : 1
	Silvicultura	#CDAE00	2.11 : 1
	Desnuda	#B2B2B2	2.17 : 1
	Floresta e Pastagem	#F789D8	2.09 : 1
	Fruticultura	#B7814A	1.37 : 1
	Remanescente de Mata Atlântica	#3CAF99	1.71 : 1
	Floresta e Silvicultura	#6B6BD6	1.03 : 1
	Outro	#FFEBBE	3.92 : 1

Fonte: Autor, 2021.

Para a camada de Vegetação das Nascentes, os resultados foram semelhantes as duas analisadas anteriormente. Os resultados de proporção de contraste que foram aprovados ocorreram para as classes de feições com cores frias ou neutras, como a de Floresta e Pastagem (#D6FFA8) e a de Bambu (#FFFFFF). Por fim, das combinações de feições da camada sobreposta e a de fundo, somente uma obteve resultado superior a 2:1.

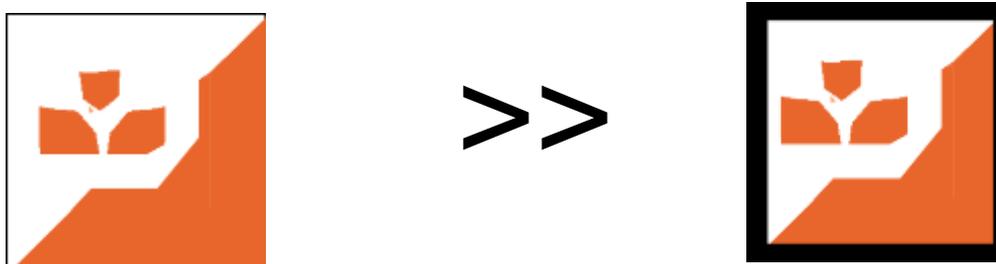
Tabela 36 - Análise do contraste para a camada Vegetação das Nascentes

Camada	Classe	Código HEX	Contraste
Vegetacao Nascentes	Floresta	#73A800	1.61 : 1
	Pastagem	#CC8A00	1.58 : 1
	Não se aplica	#C2C2C2	2.58 : 1
	Propriedades que não possuem nascentes	#B3B3B3	2.2 : 1
	Propriedades que não possuem APP	#FF0000	1.15 : 1
	Outros	#C8A0A0	1.97 : 1
	Outra	#C8A0A0	1.97 : 1
	Floresta e Pastagem	#D6FFA8	4.1 : 1
	Outro	#C8A0A0	1.97 : 1
	Bananeiras	#6B6BD6	1.03 : 1
	Silvicultura	#CCAD00	2.09 : 1
	Vegetação de Brejo	#7F7F7F	1.15 : 1
	Remanescentes de Floresta	#149ECE	1.49 : 1
	Bambu	#FFFFFF	4.6 : 1

Fonte: Autor, 2021.

A proposta de intervenção realizada foi a de se incorporar uma moldura para a simbologia da camada com a cor preta (#272727) que foi a utilizada na camada de Ponto dos Imóveis e teve uma aprovação de 84% e uma proporção e contraste média acima de 6:1.

Figura 65 - Mudanças na simbologia da camada de Erosão

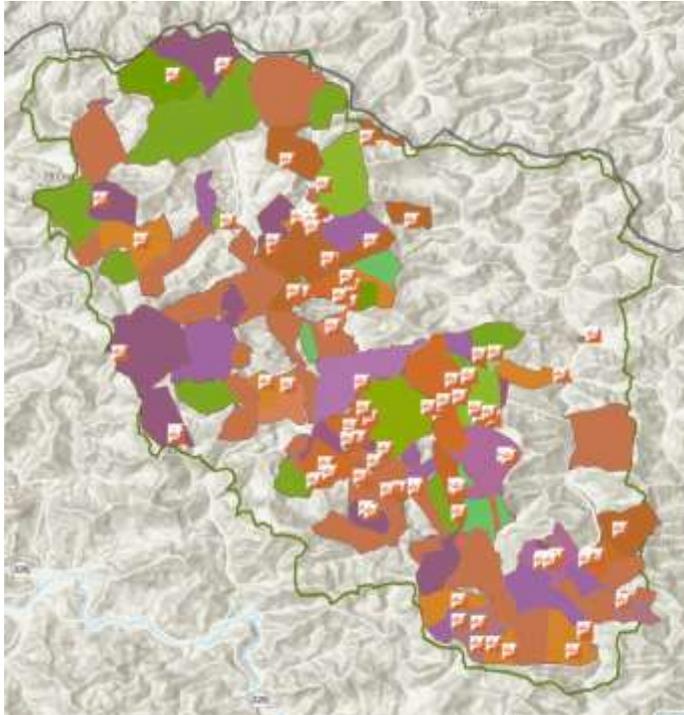


Fonte: Autor, 2021.

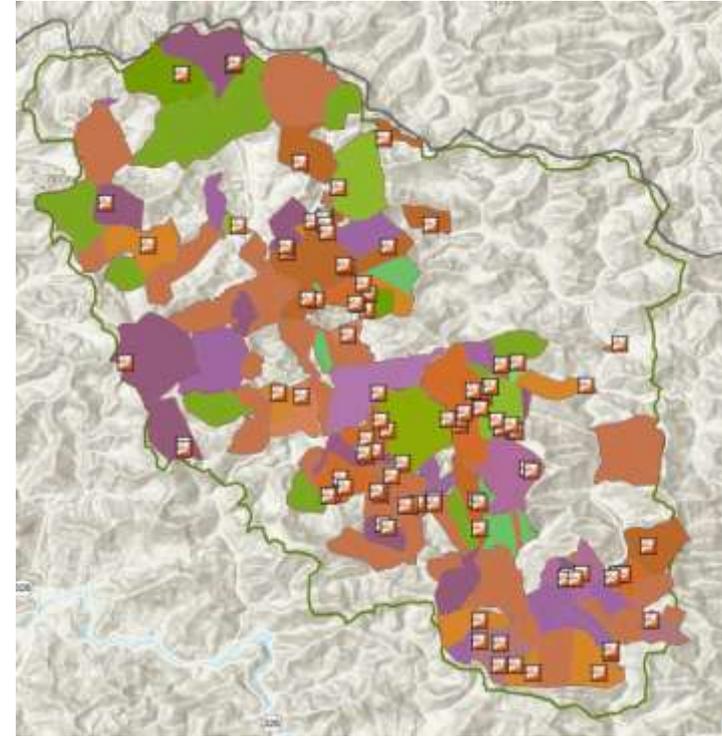
Com isto, produziu-se uma visualização mais clara dos pontos com erosões na área de estudo. A comparação entre o antes e o depois das intervenções pode ser verificada na Figura 66.

Figura 66 - Camada de Erosão: visualização antes e depois da mudança na simbologia da camada

Antes



Depois

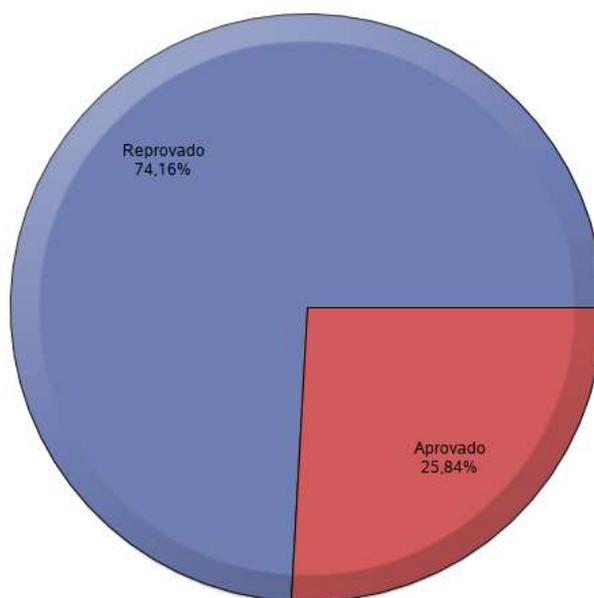


Fonte: Autor, 2021

A camada de Captação de Água

Bem como as demais analisadas até aqui, a camada de Captação de Água obteve uma aprovação inferior a 40% da amostra de combinações realizadas (Figura 67).

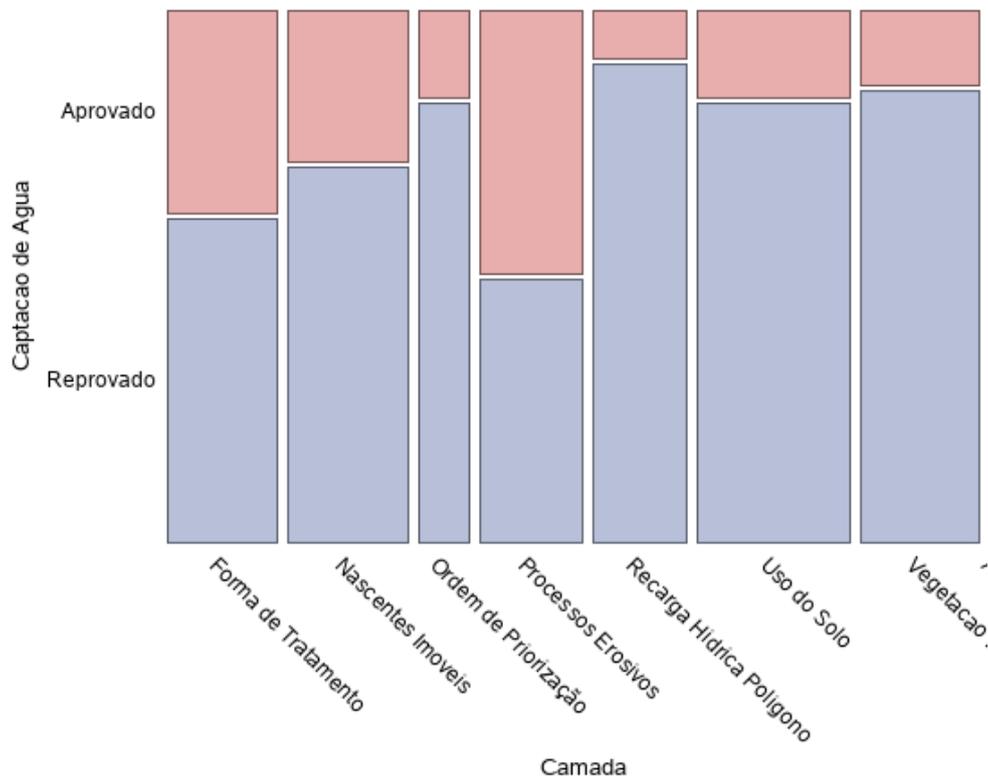
Figura 67 - Captação de Água: Índice de aprovação da proporção de contraste



Fonte: Autor, 2021

Quando analisadas quais camadas tiveram os piores desempenhos na proporção de contraste, nota-se que, novamente, as de Uso do Solo, Recarga Hídrica e Vegetação das Nascentes possuíam os valores mais baixos entre as demais. Além destas, a camada de “Ordem de Priorização” teve valores igualmente baixos (Figura 68).

Figura 68 - Camada de Captação de Água: Índice de aprovação da proporção de contraste



Fonte: Autor, 2021.

Mediante a estas informações, propõe-se o uso de uma moldura de cor preta para esta camada, assim como realizado para com a de Erosão. Além desta moldura na parte exterior da camada, ela foi redesenhada para o formato de círculo, para que fosse dado destaque ao símbolo central e reduzir o número de arestas, o que pode simplificar a forma de representação da camada. Por fim, também foi adicionado o contorno da forma central, de modo a contribuir para o contraste no elemento da camada.

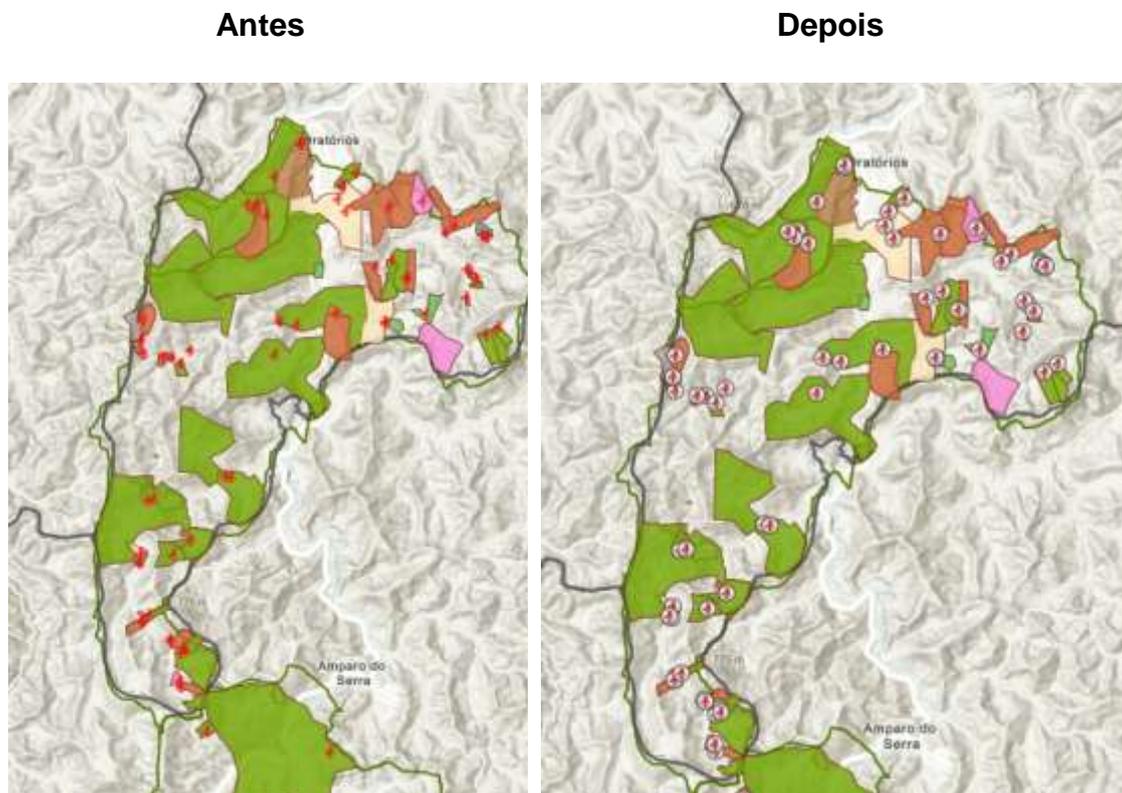
Figura 69 - Simbologia da camada de captação de água: antes e depois



Fonte: Autor, 2021.

O resultado da alteração da camada pode ser visto no mapa por meio da Figura 70, logo abaixo.

Figura 70 - Captação de água: comparativo das visualizações antes e depois das alterações



Fonte: Autor, 2021.

5.9.4.1. Considerações dos resultados obtidos na análise de contraste entre camadas

Analisando os resultados, que alcançaram uma baixa eficiência de contraste, podem ser realizadas ao menos duas interpretações: a cartografia em web Maps passa por uma problemática generalizada para as camadas ofertadas e/ou o método aplicado foi muito restritivo quanto aos critérios de aprovação empregados.

Acerca da primeira, afirma-se que a geração de mapas por meio da montagem de camadas ofertadas na base de dados dos sistemas de informação geográficas na web pode tornar o produto final pobre na capacidade de interpretação dos dados quanto ao contraste entre camadas sobrepostas. Tal afirmativa vai de encontro com as conclusões de Steinrücken & Plümer (2013),

abordadas anteriormente. Portanto, este trabalho traz uma colaboração a linha de pesquisa das interpretações cartográficas em web Maps.

A segunda interpretação possível, encontra fundamento nos resultados dos índices de aprovação e reprovação obtidos, em que os resultados da maioria das camadas tiveram uma reprovação acima dos 60% e média de proporção de contraste abaixo da 3:1 para mais da metade das camadas amostradas (n=6). Se analisada as camadas com maiores índices de contraste, percebe-se que, de forma geral, este método demonstrou ter melhores resultados para camadas de sobreposição com cores monocromáticas ou com menor brilho.

Considerando estes dois pontos, interpreta-se que este tema de pesquisa demanda um maior aprofundamento em futuros estudos, em que se compare métodos distintos e maiores simulações de cores, de modo a se encontrar um padrão de cores adequadas e os métodos que apresentem os melhores resultados. Aliado ao teste de contraste, podem ser aplicados testes com os usuários que balizem as interpretações, pois novas cores propostas podem ter resultados adequados nos critérios de análise definidos, mas um desconforto ou baixa qualidade para usuários.

Para comparar as imagens anteriores à adaptação e os resultados de intervenções, foi produzida a Figura 71, em que o mapa anterior se encontra na parte superior e as novas proposições de simbologia seguem no mapa que se encontra logo abaixo a ele.

Figura 71 - Considerações sobre as mudanças realizadas nas camadas de sobreposição com baixas proporções de contraste.



A camada de Erosão, aparentemente, ganhou uma melhora com relação a se destacar na tela, quando comparada as duas figuras.

Já para a camada de captação de água, os pontos da primeira imagem possuíam pouca visibilidade, o que poderia trazer problemáticas na identificação destes pontos.

Ademais, a camada de exurrida passava despercebida na primeira figura e passou a ter uma melhor visualização após as adaptações.

Em contramão – sob a ótica do pesquisador – a camada de Nascentes teve uma piora para identificação na segunda figura. O que indica que as mudanças feitas sob os critérios esclarecidos nesta seção do estudo podem surtir efeitos contrários e que são necessários testes com usuários para comparar o desempenho das mudanças realizadas.

Fonte: Autor, 2021.

5.10. Endereços eletrônicos importantes

Os produtos desta dissertação foram disponibilizados na rede mundial de computadores e podem ser acessados em um link dedicado a isto.

Para acessar o conteúdo, utilize o seguinte link: <https://linktr.ee/riovivo>

Neste link estão disponíveis o web-GIS que constitui o produto final da dissertação, o tutorial de uso do sistema, o link para preenchimento de um formulário para anotação de sugestões e suporte, além das notas dos testes com os usuários.

5.11. A Manutenção e a melhoria contínua do produto

Com vistas a garantir que o produto desta dissertação atinja continuidade e uma melhoria de sua experiência e riqueza de dados ao longo do tempo, é sugerido um programa a ser implementado por uma das entidades do SINGREH na bacia.

O programa de manutenção e de melhoria contínua do SIG-WEB produzido possui sete metas, que foram consideradas essenciais para a garantia do seu aprimoramento. Foi pensado desde a garantia de ajustes dos dados a expansão do seu conteúdo, e para estas foi definido um prazo de acordo com a ordem de prioridade e urgência. O conteúdo do programa é apresentado no Quadro 23, logo abaixo:

Quadro 23 - Programa de manutenção e de melhoria contínua do SIG-WEB

OBJETIVO 1	APRIMORAR E ATUALIZAR A VERSÃO FINAL DO SIG-WEB
METAS	
Meta 1: Complementar os arquivos de camadas com as informações ausentes	
Meta 2: Garantir a manutenção e continuidade do web-GIS	
Meta 3: Apresentar o produto ao SINGREH na bacia do rio Doce.	
Meta 4: Incorporar os arquivos obtidos na dissertação ao SIG da agência de bacia.	
Meta 5: Manter canal aberto para sugestões, sanar dúvidas e fornecer suporte aos usuários.	
Meta 6: Expandir o conteúdo do web-GIS para outras sub-bacias do rio Doce.	
Meta 7: Aprimorar a experiência dos usuários no web-GIS	

PROJETOS E AÇÕES		
CÓDIGO Meta(n)	DESCRIÇÃO	PRAZO
Meta 1	Ação 1: Unir as feições ausentes nos dados passados pela agência.	Imediato
Meta2	Ação 2: Adquirir uma nova assinatura do ArcGIS Online e transferir o conteúdo da versão final para ela	Imediato (até 15 dias) após parecer da banca
Meta3	Ação 3: Fazer um pente-fino no conteúdo das respostas dos formulários preenchidos pelos usuários e selecionar as sugestões cabíveis de implementação.	De um a dois meses após parecer da banca
Meta4	Ação 4: Realizar a sincronização de serviço de camadas entre o sistema aqui elaborado e o sistema SIGA-Doce.	Imediato (até 15 dias) após parecer da banca
Meta5	Ação 5: Viabilizar um endereço eletrônico para contato e incorporá-lo na ferramenta “sobre” do web-GIS.	Imediato (até 15 dias) após parecer da banca
Meta6	Ação 6: Incorporar as camadas do RIO VIVO de outras bacias do rio Doce e reaplicar a metodologia de tratamento dos dados da pesquisa e unir as feições nas camadas de cada tema.	Após receber os novos dados da agência de bacia e implementá-los no produto
Meta7	Ação 7: Realizar novas pesquisas de experiência do usuário para a versão final.	Longo prazo (12 a 18 meses)

Fonte: Autor, 2021.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Primeiramente, o presente estudo buscou apresentar as problemáticas que ocorrem dentro do sistema de gestão de recursos hídricos brasileiro. Foram abordadas as falhas entre a relação comitê-agência de bacia, demonstrando como ocorrem os conflitos sob a luz da teoria do agente-principal. Neste ponto, a revisão da bibliografia foi preponderante em determinar qual abordagem a se seguir e sobre qual objetivo o SIG-WEB deveria se fundamentar ao ser elaborado, ou seja, a que público ele se destina. Além disso, ela fundamentou qual escolha de tecnologia a ser adotada, do ponto de vista de confiabilidade, custo e manutenção.

Com a escolha realizada no tipo de estrutura de SIG-WEB, foram exploradas quais as problemáticas que poderiam surgir no uso da ferramenta, tanto do ponto de vista da cartografia, da complexidade visual, da falha em se definir o contraste, quanto da usabilidade. Uma vez definidos os principais pontos a se abordar, construiu-se uma metodologia que os atendessem. Foi escolhida a abordagem da cartografia temática e da medida de usabilidade para que se garantisse a melhor interpretação do material cartográfico e a melhor experiência do usuário com a plataforma.

O tratamento dos dados de camadas, recebidos da agência, permitiu se construir algumas observações: os dados possuíam uma baixa padronização na escolha de termos a adotar (como o tipo de uso do solo, tipo de erosão e do tratamento de efluentes) como também possuía falhas nos dados, de modo que alguns municípios não possuíam algumas informações, como de estradas e localização dos imóveis, por exemplo. Esta análise traz uma consideração que pode ter um impacto no sistema de recursos hídricos, pois demonstra uma falha na aquisição de dados socioambientais, o que reitera a necessidade de transparência nos procedimentos que ocorrem no sistema para que ele seja aprimorado.

Acerca do material de base para os testes com os usuários, a criação das três versões distintas do web-GIS permitiu que se visualizasse as diferentes interpretações e usos que poderiam ocorrer, caso se escolhesse uma destas como produto final. Isto permitiu prever as problemáticas que aconteceriam sem

a supervisão do pesquisador e que os usuários enfrentariam posteriormente. O critério de se adotar diversas versões em detrimento de se escolher uma e realizar uma metodologia de melhoria continuada permitiu que se entendesse que algumas decisões podem impactar profundamente a experiência do usuário, sendo que algumas destas são a base da plataforma e não são facilmente alteradas. Um exemplo disto é o uso do painel lateral na versão 01, que inicialmente parecia promissor para o pesquisador, mas que demonstrou problemáticas durante os testes com os usuários e afetou diretamente a eficácia e a satisfação.

Os resultados dos testes demonstraram que as três versões criadas desenvolveram bons resultados de eficácia, eficiência e satisfação. A versão que foi preferida pelos usuários foi a versão 02, que teve melhores resultados, não somente na satisfação, mas também na eficácia e teve a segunda melhor nota na eficiência. Isto demonstra que as três medidas geram influências umas às outras e que podem ser explicadas pelas demais. Apesar disto, cada medida possui um impacto único na análise da usabilidade, pois a versão 01, por exemplo, possuía um valor maior na eficiência, mas não na eficácia e a maior nota na primeira medida não garantiu uma maior nota na satisfação.

Ademais, a metodologia adotada permitiu que fossem apresentados argumentos bem fundamentados na escolha do produto final e que fossem consideradas as opiniões de um grupo de usuários. Por meio dos testes notou-se que eram necessárias algumas melhorias em funcionalidades que não estavam atendendo corretamente o fim dos usuários. Com isto, foram reformuladas algumas destas e refeitas algumas considerações no produto final.

A análise não baseada nos usuários demonstrou que há uma interação entre a experiência dos participantes e a complexidade medida pela metodologia adotada. Ou seja, o maior valor da experiência do usuário coincidiu com a versão menos complexa visualmente. O que traz o questionamento de os usuários preferirem produtos com menos quantidade de elementos com diferentes cores. Outra observação é que a versão menos eficaz foi a que apresentou maiores valores de complexidade visual, ou seja, existe a possibilidade desta complexidade visual da tela inicial trazer uma menor eficácia. Esta afirmação encontra fundamento no teste da tarefa C, da versão 01, ter tido maiores

problemas em os usuários completarem o teste. O que se pode concluir é que o painel lateral não possuía uma clareza sobre as suas funcionalidades e isto prejudicou os usuários.

Por fim, o presente trabalho produziu um aplicativo de fácil manuseio que permite o usuário consultar informações que foram produzidas pela iniciativa Rio Vivo e ainda produzir novos dados dentro da plataforma. Com a ferramentas disponibilizadas, o usuário pode ir a campo e coletar dados de localização por meio do *widget* meu local e ainda convertê-las para diferentes projeções cartográficas com a ferramenta de conversão de coordenadas. O interessado na plataforma ainda pode realizar medições em propriedades rurais ou demais regiões e territórios com a ferramenta de medição, podendo aferir distâncias, áreas e pontos. Ademais, o *web map* gerado ainda pode ser utilizado em diversas outras aplicações que podem ser criadas ou incorporá-lo com as camadas como serviço, como, por exemplo, no SIGA Doce, que é o Web GIS para gestão técnica da bacia do rio Doce.

Com os resultados deste trabalho, ainda é possível se criar um modelo de layout e uma série de diretrizes de acessibilidade para outros aplicativos que podem ser criados para bacias hidrográficas do SINGREH, funcionando como um aplicativo modelo. Os resultados dos testes com os usuários ainda podem servir como referência para possíveis necessidades em treinamentos para tarefas com baixa eficácia e eficiência, servindo como um norte para se definir as prioridades de tutoriais a serem feitos. As configurações de cores das camadas ainda podem trazer o benefício de auxiliar os produtores de conteúdos cartográficos na definição de mapas mais acessíveis, tanto em acessibilidade para usuários com daltonismo, como para usuários com deficiência em contraste.

Destarte, espera-se que os resultados e produtos desta dissertação venham a ter impacto no sistema de recursos hídricos, no que tange a transparência sobre as informações geradas pelas ações de programas ambientais na bacia do rio Doce. Há a expectativa que os membros de comitês e demais interessados possam consultar os diagnósticos ambientais e que possam gerar novas informações a partir disso.

PRODUTOS GERADOS

O presente estudo foi realizado com o intuito de gerar uma aplicação que fosse capaz de melhorar a eficiência de se transmitir os dados dentro do SINGREH na bacia do rio Piranga, bem como trazer transparência sobre as informações que foram geradas na implementação de alguns programas do plano de gestão dos recursos hídricos na bacia.

Portanto, este trabalho produziu um aplicativo acessível e manipulável pela web, diretamente pelo navegador da internet (*browser*). Além do aplicativo, foi gerado um mapa com vinte e quatro camadas que compilam as informações destes programas.

Os produtos gerados podem ser acessados pelo link descrito no tópico 5.10, na página 173. Ao acessar o endereço da web descrito, o usuário é direcionado a uma página de contendo o acesso do SIG-WEB, do tutorial proposto para uso do sistema, a tabela de configuração de cores em hexadecimal e a página de download das camadas.

7. REFERÊNCIAS

ABNT. **Requisitos Ergonômicos para Trabalho de Escritórios com Computadores**. Nbr 9241-11, p. 21, 2002.

Agência Nacional de Águas (ANA). **Agência de Água: O que é, o que faz e como funciona**. Brasília. 2014.

AGRAWAL, Sonam; GUPTA, R. D. **Web GIS and its architecture: a review**. *Arabian Journal of Geosciences*, v. 10, n. 23, 2017.

BAPTISTA, Vinícius Ferreira. **A governança pública como antigovernança**. *Revista Espaço Acadêmico*, v. 17, n. 194, p. 122–134, 2017.

BORGES, F. R. F. .; EZEZINOS, K. E. .; VIEIRA, E. M. . The rainfall erosivity on rio Doce basin cities of Minas Gerais, through the netErosividade MG software. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 11, p. e55791110126, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i11.10126. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/10126>. Acesso em: 6 apr. 2021.

EMPINOTTI, Vanessa Lucena; JACOBI, Pedro Roberto; FRACALANZA, Ana Paula. **Transparência e a governança das águas**. *Estudos Avancados*, v. 30, n. 88, p. 63–75, 2016.

Brasil. LEI Nº 3.071, DE 1º DE JANEIRO DE 1916. **Código Civil dos Estados Unidos do Brasil**. Rio de Janeiro, RJ. 1916.

_____. **CONSTITUIÇÃO DA REPÚBLICA DOS ESTADOS UNIDOS DO BRASIL (DE 16 DE JULHO DE 1934)**. BRASIL, Rio de Janeiro, RJ, 1934.

_____. **Constituição (1988)**. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.

_____. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF 09/01/1997, P. 470. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm Acesso em: 02/03/2021

Britannica. **Client-server architecture**. *Encyclopaedia Britannica*, Inc. 2015. Disponível em: www.britannica.com/technology/client-server-architecture. Acesso em: 26 de outubro de 2020.

Carla Teixeira e Maria Manuel Quintela, **Antropologia e água: perspectivas plurais**, Anuário Antropológico [Online], II | 2011. Disponível em: <http://journals.openedition.org/aa/1081> ; DOI : 10.4000/aa.1081>

Castro-Diaz, L., Lopez, M.C. & Moran, E. **Gender-Differentiated Impacts of the Belo Monte Hydroelectric Dam on Downstream Fishers in the Brazilian Amazon**. *Hum Ecol* **46**, 411–422 (2018). <https://doi.org/10.1007/s10745-018-9992-z>

CBH Rio das Velhas. **VelhasMap**. Disponível em: <https://siga.cbhvelhas.org.br/portal/sigaweb.zul/>. Acesso em: 02 de março de 2021.

Corrêa, C. M. C.; Malinovski, J. R.; Roloff, G. **Bases para planejamento de rede viária em reflorestamento no sul do Brasil**. *Floresta*, v.36, n.2, p.277-286, 2006.

CUPOLILLO, Fulvio; ABREU, Magda Luzimar De; VIANELLO, Rubens Leite. **Climatologia da Bacia do Rio Doce e sua Relação com a Topografia Local**. *Geografias*, v. 04, n. 1, p. 45–60, 2008. Disponível em: <http://www.cantacantos.com.br/revista/index.php/geografias/article/view/71/0>>. DOCE, Rio. Bacia hidrográfica do Rio Doce. [S.d.].

EMPINOTTI, Vanessa Lucena; JACOBI, Pedro Roberto; FRACALANZA, Ana Paula. **Transparência e a governança das águas**. *Estudos Avancados*, v. 30, n. 88, p. 63–75, 2016.

ESRI. **Get started with Map Viewer**. ESRI. 2020. Disponível em: <https://learn.arcgis.com/en/projects/get-started-with-map-viewer/arcgis-online/>. Acesso em: 20 de outubro de 2020.

_____. **ArcGIS Web AppBuilder**. ESRI. 2021. Disponível em: <https://doc.arcgis.com/pt-br/web-appbuilder/>>. Acesso em: 02 de março de 2021.

Fu, Pinde; Sun, Jiulin. **Web GIS: Principles and Applications**. ESRI PRESS. New York, NY. 2010.

Galizoni, Flavia e Ribeiro, E. **Água, População Rural e Políticas de Gestão: o caso do Vale do Jequitinhonha, Minas Gerais**. *Ambiente e Sociedade*, v. V, n. 2, pp. 129-146. 2003

GeoServer. **Geoserver Documentation: User Manual**. GeoServer [online]. 2013. Available: <http://docs.geoserver.org/>

HAYAKAWA, Atsushi. **Spatial and temporal variations in nutrients in water and riverbed sediments at the mouths of rivers that enter Lake Hachiro, a shallow eutrophic lake in Japan**. *Catena*, v. 133, p. 486–494, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2015.04.009>>.

HE, Honglei; ZHU, Wenming. **Efficient, Customizable and Edge-Based WebGIS System**. *IEEE Access*, v. 8, p. 126164–126177, 2020.

Hirayama, Keita, Kotaro Takayama, Shinsuke Haruta, Hiroshi Ishibashi, and Ichiro Takeuchi. **"Effect of Low Concentrations of Irgarol 1051 on RGB (R, Red; G, Green; B, Blue) Colour Values of the Hard-coral Acropora Tenuis."** *Marine Pollution Bulletin* 124.2 (2017): 678-86. Web.

HOWELL, Ryan G. *et al.* **Using WebGIS to Develop a Spatial Bibliography for Organizing, Mapping, and Disseminating Research Information: A Case Study of Quaking Aspen**. *Rangelands*, v. 41, n. 6, p. 244–247, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.rala.2019.10.001>>.

ID, Ibnu; SUKAMTO, Sukamto; MAHDIYAH, Evfi. **Development of Webgis Based On Service Oriented Architecture and Cloud Computing**. *Internasional Conference of Science and Technology for Improving Quality of Life, At Pekanbaru*, n. February, 2017.

IGAM. **Lista de Conselheiros - CBH do Rio Piranga**. Instituto Mineiro de Gestão das Águas – Igam. Belo Horizonte, MG. 2018. Disponível em: <<http://comites.igam.mg.gov.br/lista-de-conselheiros-do1/>>. Acesso em: 02 de março de 2021.

INSTITUTO BIOATLÂNTICA – IBIO. **Ato Convocatório nº 04/2017. Coleta de Preços para Contratação de Empresa(S) Especializada(S) para Elaboração de Diagnósticos e Projetos em Imóveis Rurais na UGRH 1 – Piranga, em Atendimento aos Programas Hidroambientais: P12 – Programa de Controle**

das Atividades Geradoras de Sedimento e P52 – Programa de Recomposição de Apps e Nascentes; e ao Programa de Saneamento: P42 – Programa de Expansão do Saneamento Rural. Governador Valadares, 2017.

Instituto BioAtlântica (IBIO). **Edital de chamamento público Nº 01/2016 – UGRH 1 Piranga**. Governador Valadares, Mg. 2016.

Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Bacia hidrográfica do Rio Doce**. Belo Horizonte, 2021. Disponível em: </http://www.igam.mg.gov.br/component/content/155?task=view#:~:text=Os%20principais%20problemas%20da%20bacia,dos%20recursos%20naturais%2C%20a%20fiscaliza%C3%A7%C3%A3o/> Acessado em : 10 de janeiro de 2021.

JUNQUEIRA, M. A. D. R.; SAIANI, C. C. S.; PASSADOR, C. S. **The brazilian water resources law: experience in the State of São Paulo** . REGE Revista de Gestão, [S. l.], v. 18, n. 2, p. 159-175, 2011. DOI: 10.5700/rege420. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rege/article/view/36732>. Acesso em: 12 de abril de 2021.

KEPKA, Michal; JEŽEK, Jan. **Web client for PostGIS—the concept and implementation**. *Geoinformatics FCE CTU*, v. 11, p. 63–76, 2013.

KULAWIAK, M. *et al.* **Interactive visualization of marine pollution monitoring and forecasting data via a Web-based GIS**. *Computers and Geosciences*, v. 36, n. 8, p. 1069–1080, 2010.

Madruga, Rejane da Rosa Gama; Nunes da Silva, Lúcia; Tania, Beuron, Thiago, Block, Alexander. **Comitê de Bacia: Uma Configuração Social Emergente na Gestão Sustentável das Águas**. *Desenvolvimento em Questão* [en linea]. 2011, 9(18), 79-110[fecha de Consulta 21 de Marzo de 2021]. ISSN: 1678-4855. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=75220806005>

MapServer 5.4.2. **MapServer Project Steering Committee and the Open Source Geospatial Foundation**, Beaverton, OR. 2009.

Medeiros, Anderson; Medeiros, Julie; Lima, Ricardo; Medeiros, Salomão. **Desenvolvimento de uma aplicação webmapping como ferramenta para disseminação do conhecimento sobre o Semiárido brasileiro**. *Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR*, João Pessoa-PB, Brasi, n. 1, p. 6381–6388, 2015.

MELL, P., Grance, T. **The NIST Definition of Cloud Computing.** National Institute of Standards and Technology. 2010. <http://csrc.nist.gov/groups/SNS/cloud-computing/cloud-def-v15.doc>

MOL, A. P. J. **Epilogue: the Future of Transparency: Power, Pitfalls and Promises.** *Global Environmental Politics*, v.10, p.132-43, 2010.

MOONEY, Peter; JUHÁSZ, Levente. **Mapping COVID-19: How web-based maps contribute to the infodemic.** *Dialogues in Human Geography*, v. 10, n. 2, p. 265–270, 2020.

NASCIMENTO, Rosilene Aparecida; CASTRO, José Flávio Morais. **Análise Climatológica Da Bacia Do Rio Piranga - Mg** : Revista Geografia e Pesquisa, v. 7, p. 79–99, 2012.

Neumann, Andreas. **Web Mapping and Web Cartography.** In: **Shekhar S., Xiong H. (eds) Encyclopedia of GIS.** Springer, Boston, MA, 2008 . Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-0-387-35973-1_1485. Acesso em: 11 de dezembro de 2020.

Open Geospatial Consortium Inc. **Finding OGC WMS, WFS, WCS services.** OGC, 2014.

Open Geospatial Consortium Inc. **OpenGIS® Web Map Server Implementation Specification.** Open Geospatial Consortium, Inc. 2006.

PAUL, Mathew; BUSSEMAKER, Madeleine J. **A web-based geographic interface system to support decision making for municipal solid waste management in England.** *Journal of Cleaner Production*, v. 263, p. 121461, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121461>>.

PEDREGAL, Belen; LACONI, Cesare; DEL MORAL, Leandro. **Promoting environmental justice through integrated mapping approaches: The map of water conflicts in Andalusia (Spain).** *ISPRS International Journal of Geo-Information*, v. 9, n. 2, 2020.

PIMENTA, F. M.; LANDAU, E. C.; HIRSCH, A.; GUIMARÃES, D. P. **Servidores de mapas: programação para disponibilizar dados geográficos multidisciplinares utilizando tecnologias livres.** Embrapa Brasília-DF, 216 p. 2012

PIRH DOCE. **Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Doce e dos Planos de Ações de Recursos Hídricos para as Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos no Âmbito da Bacia do Rio Doce. Volume II – Relatório Final.** CONSÓRCIO ECOPLAN – LUME. 2010.

POPELKA, Stanislav; VONDRAKOVA, Alena; HUJNAKOVA, Petra. **Eye-tracking Evaluation of Weather Web Maps.** *ISPRS International Journal of Geo-Information*, v. 8, n. 6, 2019.

ROGERS, By Peter; HALL, Alan W; **Global Water Partnership. Effective Water Governance.** [S.l.: s.n.], 2003. Disponível em: <<http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Effective+Water+Governance#0>>.

PRATT, J. W.; ZECKHAUSER, R. J. Principals and agents: the structure of business. Boston: Harvard Business School Press, 1985

SCHNUR, Susan; BEKTAŞ, Kenan; ÇÖLTEKIN, Arzu. **Measured and perceived visual complexity: a comparative study among three online map providers.** *Cartography and Geographic Information Science*, v. 45, n. 3, p. 238–254, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/15230406.2017.1323676>>.

Sky Gazing, **Parks & Dark Sky in Oakland County.** 2021. Disponível em: <https://www.arcgis.com/apps/View/index.html?appid=f5dbcbb13ed04c408ad2d75c7cc91f7b/>> Acesso em: 02 de fevereiro de 2021.

SUBRAMANIAM, Mangala. **Neoliberalism and water rights: The case of India.** *Current Sociology*, v. 62, n. 3, p. 393–411, 2014. TEIXEIRA, Carla; QUINTELA, Maria Manuel. Antropologia e água: perspectivas plurais. *Anuário Antropológico*, n. II, p. 9–22, 2011.

Stålgren, P. **Corruption in the Water Sector: Causes, Consequences and Potential Reform.** Swedish Water House Policy Brief Nr. 4. SIWI, 2006.

STEINRÜCKEN, JÖRG & PLÜMER, LUTZ. Identification of Optimal Colours for Maps from the Web, *The Cartographic Journal*, 50:1, 19-32, (2013) DOI: 10.1179/1743277412Y.0000000017

TOLEDO, Carla. **O COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRANGA/MG: OS IMPASSES E DESAFIOS NA IMPLEMENTAÇÃO DA POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS.** Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2019.

TRANSPARENCY INTERNATIONAL. **Global corruption report 2008: corruption in the water sector.** Cambridge: Transparency International, 2008.

TYNER, J. A. **Principles of Map Design.** 1. ed. [S.l.]: Guilford Publications, 2017.

Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=385ti0DxibcC>. Acesso em: 5 de julho de 2020.

Unnamalai & Thresphine, "**Service-Oriented Architecture for Cloud Computing,**" *International Journal of Computer Science and Information Technology (IJCSIT)*, vol. 5, no. 1, p. 251, 2014.

VENTERS, Will; WHITLEY, Edgar A. **A critical review of cloud computing: Researching desires and realities.** *Journal of Information Technology*, v. 27, n. 3, p. 179–197, 2012.

Viegas, Eduardo. **Gestão dos recursos hídricos: uma análise a partir dos princípios ambientais.** Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2007.

Apêndice A – Modelo de formulário aplicado

Análise do Web-GIS Rio Vivo

A aplicação deste formulário tem o objetivo de medir a eficiência, eficácia e satisfação no uso do Web-GIS do Rio Vivo do CBH Piranga.

Para teste, você deve buscar a visualização dos dados de fossas negras em toda a bacia. Em seguida, obter os dados na tabela de atributos e baixá-los em seu computador.

1. Nome:

2. Possui o nível de formação

Marcar apenas uma oval.

Ensino Fundamental

Ensino Médio

Ensino Superior

Pós-graduado

3. Relação com recursos hídricos

Marcar apenas uma oval.

Membro do Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Piranga

Membro de outro Comitê de Bacia Hidrográfica

Funcionário da agência da bacia do rio Piranga ou rio Doce

Público externo com afinidade com a gestão dos recursos hídricos

Público externo sem afinidade com a gestão de recursos hídricos

Outro: _____

4. Nível de conhecimento de Sistemas de Informação Geográfica (SIG)

Marcar apenas uma oval.

- Grande afinidade (exerce profissionalmente)
- Possuo afinidade sem exercer profissionalmente
- Pratico para princípios de pesquisas
- Possuo pouca afinidade
- Nunca tive experiência com SIGs anteriormente

5. Versão do produto

6. Você teve dificuldades em encontrar a informação desejada?

Marcar apenas uma oval.

- Sim
- Não

7. Se a resposta acima foi sim, qual dificuldade enfrentou?

8. Quanto tempo foi necessário para encontrar a informação solicitada?

Em uma escala de 1 (um) a 5 (cinco), em que 1 descreve um nível de insatisfação, enquanto 5 sinaliza uma satisfação plena. Qual o nível de satisfação final, ao terminar a tarefa solicitada?

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

10. Em uma escala de 1 (um) a 5 (cinco), em que 1 descreve assinala uma insatisfação com a velocidade de resposta e 5 sinaliza uma satisfação plena. Qual o seu nível de satisfação com a velocidade de carregamento do mapa no aplicativo?

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

LINHA. Em uma escala de 1 (um) a 5 (cinco), em que 1

11. Para as geometrias do tipo descreve uma falta de clareza de informações e 5 sinaliza uma clareza plena. Qual o nível de clareza das informações de localização no mapa?

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Apêndice B – Dados recebidos da agência de bacia do rio Doce

Quadro 24- Amostra dos arquivos recebidos da solicitação de dados do Rio Vivo

Amparo do Serra	Geodados	01_vetor	Limite_Municipal		SHP, SHX, DBF
			dados propriedade	area_consolidada	SHP, SHX, DBF
				area_imovel	SHP, SHX, DBF
				area_priorizada	SHP, SHX, DBF
				limite_amparo	SHP, SHX, DBF
				Microbacia_priorizada	SHP, SHX, DBF
				municipios_2	SHP, SHX, DBF
				municipios_lote1	SHP, SHX, DBF
				Ponto_captacao_validado	SHP, SHX, DBF
				pontos_imoveis	SHP, SHX, DBF
				priorizacao	SHP, SHX, DBF
				vegetacao_nativa	SHP, SHX, DBF
			P12	enxurrada	SHP, SHX, DBF
				Erosão	SHP, SHX, DBF
				Processos_erosivos_imoveis	SHP, SHX, DBF
			P42	captacao_agua	SHP, SHX, DBF
				forma_tratamento_imoveis	SHP, SHX, DBF
				fossa_negra	SHP, SHX, DBF
				lançamento_esgoto	SHP, SHX, DBF
			P52	Hidrografia_principal	SHP, SHX, DBF
				Nascentes	SHP, SHX, DBF
				nascentes_imoveis	SHP, SHX, DBF
				olho_dagua	SHP, SHX, DBF
				rec_hid_imoveis	SHP, SHX, DBF
				recarga_hidrica	SHP, SHX, DBF
				uso_solo_imoveis	SHP, SHX, DBF
				veg_nasc_imoveis	SHP, SHX, DBF
		02_Raster	declividade		TIF, XML e OVR
		03_layout	P12	declividade	JPEG
				erosões imóveis	JPEG
			P42	tratamento imóveis	JPG e mxd
			P52	nascentes dos imóveis	JPG e mxd
				recursos hídricos dos imóveis	JPG e mxd
vegetação das nascentes	JPG e mxd				

		hierarquização dos imóveis	JPG e mxd
		localização das microbacias	JPG e mxd
		priorização das microbacias	JPG e mxd
	04_simbologia	área consolidada	lyr
		área dos imóveis	lyr
		captação de água	lyr
		enxurrada	lyr
		erosão	lyr
		estradas	lyr
		forma de tratamento	lyr
		fossa negra	lyr
		hidrografia	lyr
		lançamento de esgoto	lyr
		limite de amparo do serra	lyr
		limite estadual	lyr
		limite dos municípios	lyr
		microbacias prioritárias	lyr
		nascentes dos imóveis	lyr
		nascentes	lyr
		olho d'água	lyr
		ordem de priorização	lyr
		processos erosivos dos imóveis	lyr
		captações validadas	lyr
		recarga hídrica dos imóveis	lyr
		recarga hídrica	lyr
		sedes municipais	lyr
	ugrh rio doce	lyr	
	uso do solo dos imóveis	lyr	
	vegetação das nascentes	lyr	
	vegetação nativa	lyr	
	05_metadados	metadados avançados de todas as feições	PDF
PLANILHAS_V02		Dados compilados_M015.V02	Xlsx
		PLANILHA DE DADOS BRUTOS_M015.V02	Xlsx
		TABELA_4.2_HIERARQUIZAÇÃO_IMOVEIS_M015.V02	Xlsx

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Apêndice C – Descrição das camadas importadas para a plataforma.

Grupo	Programa PIRH	Shapefile	Forma	Dados								
Saneamento Ambiental Rural	P42	Fossa Negra	● ponto	codigo do imóvel	nome proprietário	bacia	lote	município	longitude	latitude		
		Captação de Água	● ponto	codigo do imóvel	nome proprietário	bacia	lote	município	longitude	latitude		
		Lançamento de Esgoto	● ponto	codigo do imóvel	nome proprietário	bacia	lote	município	longitude	latitude		
		Forma de Tratamento	■ polígono	codigo do imóvel	nome proprietário	bacia	lote	município	descarte	tipo		
Processos Erosivos	P12	Erosão	● ponto	codigo do imóvel	nome proprietário	bacia	lote	município				
		Enxurrada	● ponto	codigo do imóvel	nome proprietário	bacia	lote	município				
		Processos Erosivos	■ polígono	codigo do imóvel	nome proprietário	bacia	lote	município	tipo	erosão		
Hidroambiental	P52	Nascentes	● ponto	codigo do imóvel	nome proprietário	bacia	lote	município	tipo de nascente	ponto	tipo	
		Olho D'água	● ponto	codigo do imóvel	nome proprietário	bacia	lote	município	tipo de nascente	ponto	tipo	
		Recarga Hídrica	● ponto	codigo do imóvel	nome proprietário	bacia	lote	município	tipo	ponto		
		Vegetação das Nascentes	■ polígono	codigo do imóvel	nome proprietário	bacia	lote	município	tipo	vegetação		
		Recarga Hídrica em Polígono	■ polígono	codigo do imóvel	nome proprietário	bacia	lote	município	tipo	recarga hídrica	longitude	latitude
		Nascentes dos Imóveis	■ polígono	codigo do imóvel	nome proprietário	bacia	lote	município	quantas	número de imóveis		
		Hidrografia Principal	— linha	código do trecho	código do rio	código do curso d'água	código da bacia	nome do rio	ordem			

Dados do Imóvel	Não Específico	Estradas		codigo do imóvel	nome proprietário	bacia	lote	município					
		Ponto de Captação Validado		ponto	tipo de captação	nome do rio	longitude	latitude	município	pontos (número de captações)	descrição		
		Pontos dos Imóveis		ponto	codigo do imóvel	nome proprietário	bacia	lote	município	longitude	latitude		
		Uso do Solo		poligono	codigo do imóvel	nome proprietário	bacia	lote	município	uso do solo	área	descrição	
		Vegetação Nativa		poligono	codigo do imóvel	nome proprietário	bacia	lote	município	área (ha)			
		Ordem de Priorização		poligono	codigo do imóvel	nome proprietário	bacia	lote	município	ordem			
		Microbacia Priorizada		polígono	codigo do imóvel	nome proprietário	bacia	lote	município	prioridade	localidade	área	atedimento
					nome do rio	comunidade	população restante	descrição	ponto				
		Limite Municipal		poligono	município	área	código do IBGE						
		Área do Imóvel		poligono	codigo do imóvel	nome proprietário	bacia	lote	município	nome			
		Área Consolidada		poligono	codigo do imóvel	nome proprietário	bacia	lote	município	área (ha)			

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Apêndice D – Lista de ações possíveis no sig-web elencadas pelo autor

Código da ação	Descrição
C	Controlador de Barra Âncora
C1	Legenda
C1.1	Minimizar
C1.2	Rolar
C1.3	Fechar
C2	Lista de Camada
C2.1	Expandir
C2.2	Selecionar/Desselecionar
C2.3	Ações de Camada (três pontos)
C2.4	Zoom para
C2.5	Transparência
C2.6	Configurar faixa de visibilidade
C2.7	Desabilitar pop-up
C2.8	Ocultar rótulos
C2.9	Mover para cima
C2.10	Mover para baixo
C2.11	Visualizar na Tabela de Atributos
C2.12	Descrição
C2.13	Pesquisar Camadas
C2.14	fechar
C2.16	Ações da lista
C2.16.1	Ativar todas as camadas
C2.16.2	Desativar todas as camadas
C2.16.3	Expandir todas as camadas
C2.16.4	Recolher todas as camadas
C2.15	Rolar
C2.16	Minimizar
C3	Consulta
C3.1	Minimizar

C3.2	Fechar
C3.3	Consultar Serviço
C3.3.1.	Ordenar
C3.3.1.1	três pontos
C3.3.1.1.1	Zoom para
C3.3.1.1.2	Mover para
C3.3.1.1.3	Destacar
C3.3.1.1.4	Estatísticas
C3.3.1.1.5	Visualizar na Tabela de Atributos
C3.3.1.1.6	Remover este resultado
C3.3.2	Expandir todos
C3.4	Resultados
C4	Infográficos
C4.1	Opção 1
C4.1.1	Visualizar dados
C4.1.2	Legenda on
C4.1.3	Legenda off
C4.1.4	Rótulo de dados on
C4.1.5	Rótulo de dados off
C4.1.6	Minimizar
C4.1.7	Fechar
C4.1.8	Maximizar
C4.2	Opção 2
C4.3	Opção 3
C5	Imprimir
C5.1	Mudar Título
C5.2	Layout
C5.3	Formato
C5.4	Avançado
C5.4.1	Preservar
C5.4.2	Forçar Escala
C5.4.3	Referencia espacial
C5.4.4	Rótulos
C5.4.5	Metadados do Layout
C5.4.6	Incluir legenda
C5.4.7	Unidades da barra de escala

C5.4.8	Tamanho MAP
C5.4.9	Qualidade da Impressão
C5.4.10	Atributos da feição
C5.5	Limpar impressões
C5.6	fechar
C6	Contadores
C6.1	Opção 1
C6.1.1	Minimizar
C6.1.2	Fechar
C6.1.3	Dimensionar
C6.2	Opção 2
C6.1.1	Minimizar
C6.1.2	Fechar
C6.3	Opção 3
C6.3.1	Minimizar
C6.3.2	Fechar
C7	Gráficos
C7.1	Minimizar
C7.2	Fechar
C7.3	Expandir
C7.4	Item da tarefa 1
C7.4.1	Opções
C7.4.1.1	Utilizar filtro espacial
C7.4.1.2	Somente as feições que interseccionam a área de mapa atual
C7.4.1.3	Somente as feições que interseccionam uma área definida pelo usuário
C7.4.2	Aplicar
C7.4.2.1	Visualização das classes (passar mouse por cima)
C7.4.2.2	Configurações
C7.4.2.2.1	Legenda
C7.4.2.2.2	Rótulos de dados
C7.4.2.2.3	Mudar cores
C7.4.2.3	Aumentar
C7.5	Retornar
C7.5	Item da tarefa 2
C7.5.1	Opções
C7.5.1.1	Utilizar filtro espacial
C7.5.1.2	Somente as feições que interseccionam a área de mapa atual

C7.5.1.3	Somente as feições que interseccionam uma área definida pelo usuário
C7.5.2	Aplicar
C7.5.2.1	Visualização das classes (passar mouse por cima)
C7.5.2.2	Configurações
C7.5.2.2.1	Legenda
C7.5.2.2.2	Rótulos de dados
C7.5.2.2.3	Mudar cores
C7.5.2.3	Aumentar
C7.6	Item da tarefa 3
C7.6.1	Opções
C7.6.1.1	Utilizar filtro espacial
C7.6.1.1.1	Somente as feições que interseccionam a área de mapa atual
C7.6.1.1.2	Somente as feições que interseccionam uma área definida pelo usuário
C7.6.2	Aplicar
C7.6.2.1	Visualização das classes (passar mouse por cima)
C7.6.2.2	Configurações
C7.6.2.2.1	Legenda
C7.6.2.2.2	Rótulos de dados
C7.6.2.2.3	Mudar cores
C7.6.2.3	Aumentar
C8	Adicionar Dados (P12)
C8.1	Minimizar
C8.2	Fechar
C8.3	Pesquisar
C8.4	Listas
C8.5	Dentro do mapa
C8.6	Ordenar (Tipo)
C8.7	Ordenar (Relevância)
C8.8	Adicionar
C8.9	Detalhes
C8.10	Primeiro
C8.11	Anterior
C8.12	Avançar
C8.13	Remover
C8.14	Camadas
C8.14.1	Excluir
C8.14.2	Voltar

C9	Adicionar Dados (P42)
C9.1	Minimizar
C9.2	Fechar
C9.3	Pesquisar
C9.4	Listas
C9.5	Dentro do mapa
C9.6	Ordenar (Tipo)
C9.7	Ordenar (Relevância)
C9.8	Adicionar
C9.9	Detalhes
C9.10	Primeiro
C9.11	Anterior
C9.12	Avançar
C9.13	Remover
C9.14	Camadas
C9.14.1	Excluir
C9.14.2	Voltar
C10	Adicionar Dados (P52)
C10.1	Minimizar
C10.2	Fechar
C10.3	Pesquisar
C10.4	Listas
C10.5	Dentro do mapa
C10.6	Ordenar (Tipo)
C10.7	Ordenar (Relevância)
C10.8	Adicionar
C10.9	Detalhes
C10.11	Primeiro
C10.12	Anterior
C10.13	Avançar
C10.14	Remover
C10.15	Camadas
C10.15.1	Excluir
C10.15.2	Voltar
C11	Adicionar Dados (P42)
C11.1	Minimizar
C11.2	Fechar
C11.3	Pesquisar
C11.4	Listas
C11.5	Dentro do mapa
C11.6	Ordenar (Tipo)

C11.7	Ordenar (Relevância)
C11.8	Adicionar
C11.9	Detalhes
C11.10	Primeiro
C11.11	Anterior
C11.12	Avançar
C11.13	Remover
C11.14	Camadas
C11.14.1	Excluir
C11.14.2	Voltar
C12.1	Minimizar
C12.2	Fechar
C12.3	Pesquisar
C12.4	Listas
C12.5	Dentro do mapa
C12.6	Ordenar (Tipo)
C12.7	Ordenar (Relevância)
C12.8	Adicionar
C12.9	Detalhes
C12.10	Primeiro
C12.11	Anterior
C12.12	Avançar
C12.13	Remover
C12.14	Camadas
C12.14.1	Excluir
C12.14.2	Voltar
D	Tabela de Atributos
D1	Opções
D1.1	Filtro
D1.1.1	Adicionar expressão
D1.1.1.1	Escolher coluna de referencia
D1.1.1.1.1	Rolar lista
D1.1.2	Adicionar configuração
D1.1.3	Critério de filtragem
D1.1.4	fechar
D2	Mostrar registros selecionados
D3	Mostrar registros relacionados
D5	Mostrar/Ocultar colunas
D6	Exportar todos para CSV
D7	Filtrar por extensão de mapa

D8	Zoom para
D9	Limpar Seleção
D10	Atualizar
D11	Ordem Crescente
D12	Ordem decrescente
D13	Selecionar Linha
D14	Mostrar ou ocultar coluna

D15	Dimensionar
D16	Fechar tabela de atributos
D17	rolar
D18	muda de tabela
E	Recarregar o web-GIS
F	Mais ferramentas

Apêndice E – Anotações de bordo do pesquisador durante os testes com os usuários

ANOTAÇÃO DE BORDO DO PESQUISADOR

Usuários	Tipo de usuario	Versão	tempo da tarefa	Tipo de Tarefa	Número de Ações	Ações														
						A1	A2	C5	ERRO	C5	ERRO	C5								
Usuário 01	heavy	V01	00:06:00	A	7	A1	A2	C5	ERRO	C5	ERRO	C5								
	heavy	V02	00:01:12	B	6	C2.2	C2.2	A1	A1	A1	A1									
	heavy	V03	00:00:50	C	5	A9	C7	C7.5	C7.5.1.1	C7.5.1.2										
Usuário 02	leigo	V01	00:00:45	A	3	C5	C5.2	C5												
	leigo	V02	00:01:33	C	26	A9	B2	B2.1	A3	B2.1	B2.3	B2.4	B2.1	B2.3	C4.2	C4.1.1	A2	A2	A4	A5
						A5.5	A1	A1	A1	B2	B2.4	B2.1	B2.3	A2	A2	A2				
leigo	V03	00:03:00	D	9	C2	C2.14	C10	C7	C7.4.1.3	C7.4.2	C7.4.2.1	A1	A3							
Usuário 03	leigo	V01	00:01:17	A	13	C5	C5.6	C2	C2.2	C2.14	A1	A2	A2	A2	A2	A3	C5	C5		
	leigo	V02	00:00:03	D	1	A1														
	leigo	V03	00:10:00	E	37	C2	C2.12	erro	B2	B2.1	B2.6	B2.1	B2.4	B2.4	B2.5	B2.7	B3	C5	C5.4	C5
						C5.4	C5	B3	F	C7	C7.4.1.1	C7.4.2	C2	C3	erro	C10	C10.8	C7	C5	C5.4
						C5.3	C5	C5.5	C5.3	C5	C5.3	C5								
Usuário 04	leigo	V01	00:03:00	A	5	C5	C5.4	C5	ERRO	C5										
	leigo	V02	00:00:05	B	1	A3														
	leigo	V03	00:00:41	F	6	C1	C2	C2.3	C2.11	D1	D6									
Usuário 05	leigo	V01	00:00:02	B	0															
	leigo	V02	00:02:00	C	20	C2	C2.2	C4.2	A3	C4.1.1	B2	B2.3	C4.1.1	A1	A3	A3	A1	A2	A2	A2
						A3	A3	B2	B2.7	A3										
leigo	V03	00:00:54	D	7	C1	A2	A2	A1	A1	A2	A1									
Usuário 06	leigo	V01	00:00:03	B	1	A3														
	leigo	V02	00:00:24	A	13	A1	A3	A3	C2	C2.2	C2.2	C2.15	C2.15	C2.14	D	D1.1.4	C5	C5		
	leigo	V03	00:02:00	D	10	C8	C9	C2	C2.2	A1	A3	A3	C7	C7.4.1.1	C7.4.1.2					
Usuário 07	heavy	V01	00:00:01	B	0															

ANOTAÇÃO DE BORDO DO PESQUISADOR

Usuários	Tipo de usuario	Versão	tempo da tarefa	Tipo de Tarefa	Número de Ações	Ações														
						C4	A5	A5.8	D1	D6										
	heavy	V02	00:00:32	F	5	C4	A5	A5.8	D1	D6										
	heavy	V03	00:00:40	A	8	C5	C5.2	C5.6	A1	A3	A3	C5	C5							
Usuário 08	leigo	V01	00:00:16	B	5	C2	C2.1	A1	A1	A3										
	leigo	V02		E	30	D	D1	D6	D1	D16	C	C6	C6.3.2	C2	C2.3	C2.5	C4	C4.17	D	D16
						C2	C2.15	C2.3	C2.14	B1	B3	D	D7	D1	C3	C3.2	C2	C2.15	A2	D
	leigo	V03	00:03:21	C	27	A9	A1	A1	C7.5.1.2	C7.5.2	A2	A1	A2	C7.5	C7.5.1.1	C7.5.2	A1	A2	A2	A2
A1						A2	A3	A1	C7.5.1.3	C7.5.2	ERRO	A2	A2	A2	C7.5.1.2	C7.5.2				
Usuário 09	leigo	V01		C	14	A3	A3	A3	A3	A3	A3	C2.1	A4	A4	A4	C2.15	C4.1.8	C4.1.6	C2.15	
	leigo	V02	00:00:50	A	2	C5	C5													
	leigo	V03	00:03:12	B	7	C1	C2	C3		C3	C3.2	C10	C10.8							
Usuário 10	leigo	V01	00:00:56	C	7	A4	C4.1	C4.2	B2	B2.6.11	A4	C4.1.1								
	leigo	V02	00:00:20	B	3	A1	A1	A3												
	leigo	V03	00:00:26	D	4	C1	A1	A4	A4											
Usuário 11	heavy	V01	00:00:30	C	9	C2	C2.16.2	C2.15	C2.2	C2.2	C2.3	C2.11	D13	D8						
	heavy	V02	00:01:00	D	9	C2	C2.3	C2.11	D7	D13	D8	D15	A1	C2.2						
	heavy	V03		E	22	C2	C2.3	C2.11	D1	D15	A4	A5	A5.2	A5.5	A4	B2	B2.1	B2.6.11	B2.7	B2.3
B3						A4	A5.4	C12	C2.3	C2.11	D15									
Usuário 12	leigo	V01	00:10:00	C	22	B2	B2.7	A2	A2	C2	C2.13	C2.14	C2.2	A2	C1	C2	C4	C4.1.8	C4.1	C4.3
						D	D16	E	C2	C2.2	C2.2	C2.2								
	leigo	V02	00:10:00	E	20	C2	C2.3	C2.15	C2.2	A3	A3	A1	C2.15	A9	A1	A2	A2	B2	C2.14	B2.7
						C3	ERRO	C3	C3.4	C6										
leigo	V03	00:02:19	F	5	C3	C8	D	D1	D6											
Usuário 13	leigo	V01		D	9	B2	B2.6	B2.7	C2	C2.16.2	C2.2	C2.15	C2.15	C2.2						
		V02	00:00:44	B	9	C2	C2.2	C2.15	C2.2	C2.15	C2.2	C2.15	C2.14	A1						
		V03	00:06:20	C	58	C12	C12.2	C11	C8	C8.2	C12.9	ERRO	C12.8	C12.3	C12.2	C8	C8.2	C12	C12.2	C8

ANOTAÇÃO DE BORDO DO PESQUISADOR																							
Usuários	Tipo de usuario	Versão	tempo da tarefa	Tipo de Tarefa	Número de Ações	Ações																	
						C8.2	C12	C12.2	C10	C10.8	A9	A4	A1										
						C8.2	C12	C12.2	C10	C10.8	A9	A4	A1										
						A2	C3	ERRO	E	C2	C2.1	C2.14	C9	C7	C7.4.1.1	C7.4.1.3	C7.4.2	A2	A2	C7.4.1.3			
						C7.4.2	A2	C7.2	C8	C12	C12.8	A2	A3										
						A2	A1	C12.2	C7	C7.4.1.3	C7.4.2	A2	A2	A3	A2	C7.4.1.3	C7.4.2						
Usuário 14	leigo	V01	00:04:00	D	23	A1	A2	A1	A3	A3	C1	C2	C2.15	C2.2	C2.2	C2.2	C2.2	C2.2	C2.2	C2.2			
	leigo	V02	00:00:57	C	8	A3	A3	A3	A1	C4	C4.1	A1	C4.2										
	leigo	V03		E	13	C7	C7.4.1.2	C7.4.1.3	C7.4.1.2	C7.4.2	C7.2	C5	C5.2	C5.4	C5	C5.3	C5.6	C7.2					
Usuário 15	leigo	V01	00:00:10	D	2	A1	A1																
	leigo	V02		E	60	C2.2	C2.2	C2.2	C2.2	C2.2	C2.16	A2	A1	A3	A1	A3	C4	C4.2	C4.1.1	A2			
						C2	C2.2	C2.2	C2.16	A2	A3	A3	A3	C3	C3.4								
						C3.3	A1	A3	A3	A5	A1	A3	A5.3	C5	C5.4	C5.6	C3	C3.3	C4.2.1	C3.3.1.1			
						C3.3.1.1.1	C3.3.2	C3.3.1.1	C3	A2	C4.2.1	C6	C6.3.2	C2	C2.3								
leigo	V03	00:00:34	F	6	B2	B2.1	B2.6	B2.6.10	D1	D6													
Usuário 16	leigo	V01	00:00:16	D	4	C2	C2.16.2	C2.2	A5														
	leigo	V02	00:01:19	F	7	C1	C4	C6	D	D15	D1	D6											
	leigo	V03	00:01:13	A	3	C5	C5.2	C5															
Usuário 17	leigo	V01	00:00:23	F	6	A7	A1	A3	D	D1	D6												
	leigo	V02	00:00:17	B	2	C2.2	C2.2																
	leigo	V03	00:01:35	A	11	C9	C9.8	C9.2	A2	A2	A3	A3	A1	A2	C5	C5							
Usuário 18	heavy	V01		E	14	C2	C2.15	C2.3	C1	C1.2	C2	B2	B2.4	B2.4	B2.6	B2.7	C2	C2.15	C2.3				
	heavy	V02	00:00:37	A	2	C5	C5																
	heavy	V03	00:00:14	B	3	C2.1	A1	A1															
	heavy	V01	00:02:23	E	21	C2	C2.2	C2.3	C2.14	A2	A2	A3	A1	A3	D	D1	B2	B2.4	D16	B2.2			

ANOTAÇÃO DE BORDO DO PESQUISADOR																								
Usuários	Tipo de usuario	Versão	tempo da tarefa	Tipo de Tarefa	Número de Ações	Ações																		
						B2.3	D	D1	A10	B2.6	B2.6.6													
Usuário 19	heavy	V02	00:00:23	C	6	A9	C2.2	C2.2	C2.3	C4	C4.2													
	heavy	V03	00:03:34	D	21	A9	C9	C9.8	C9.8	C2	C2.2	C9.2	A1	A1	A2	A2	A2	C3	C3.3	A1				
Usuário 20	leigo	V01		E	93	B2	B2.4	B2.4	B2.5	B2.7	A1	A4	A5.1	A5.5	C4.1.1	C1	C2	C2.15	C2.2	C2.3				
						C2.11	D1	D1	D6	A10	C2	C2.3	D17	A10	D16									
						C2.3	B2	B2.4	B2.4	A5	A5.5	C2	C2.3	C2.11	D13	D17	D7	A5	A5.5	C2.14				
						A7	C4.1.1	A5	A1	A5.3	B2	B2.2	B2.1	B2.2	B2.5									
						B2.7	A4	A4	C2	C2.15	A5	A5.2	A5.1	A5.3	C4.2.1	A10	A1	A3	A1	A3				
						C1	C1.2	C2	A10	C2.1	C2.1	C2.15	C2.1	C2.3	C2.5									
						C2.11	D1	D6	A1	A1	C2	C2.3	C2.15	B2	B2.3	A10	B2.7	A3	C2	A5				
						A5.3	A5.1	A5.1																
leigo	V02	00:03:42	D	10	C2	C2.2	C2.3	C2.11	D13	D15	C1	A2	A3	A5										
leigo	V03	00:01:59	F	13	A1	B2	B2.1	A3	B2.1	B2.1	A3	B2.3	B2.6	B2.6.10	D15	D1	D6							
Usuário 21	leigo	V01		E	24	C2	C2.3	C2.14	C2	C2.11	C2.14	D1.1.4	A5	A5.5	A5.3	C1	B2	B2.1	B2.1	B2.3				
						B2.6.11	B2.7	C2	C2.1	C2.3	C2.11	D1	D1.1.4	C2.15										
	leigo	V02	00:00:44	F	4	C2	C2.11	D1	D6															
leigo	V03	00:02:06	A	11	A3	A2	C9	C9.8	A1	A3	A3	A1	C5	C5.4	C5									
Usuário 22	leigo	V01	00:00:25	F	3	D	D1	D6																
	leigo	V02	00:01:01	A	6	C5	C5.4	C2.2	C2.15	C2.2	C5													
	leigo	V03	00:00:16	B	2	A1	A3																	
Usuário 23	leigo	V01	00:00:24	F	9	A1	C1	C2	C2.2	C2.2	C2.3	C2.11	D1	D6										
	leigo	V02	00:00:11	B	3	A1	C2	C2.1																
	leigo	V03	00:01:32	C	23	A2	A3	A2	C2	C1.3	C2.2	C2.2	C2.14	A2	A2	B3	A3	A2	C2	C10				
					C2.3	C10.2	A3	C7	C7.5	C7.5.1.1	C7.4.1.3	C7.4.2												

ANOTAÇÃO DE BORDO DO PESQUISADOR																				
Usuários	Tipo de usuario	Versão	tempo da tarefa	Tipo de Tarefa	Número de Ações	Ações														
Usuário 24	heavy	V01	00:01:30	F	9	C2	C2.1	C2.3	C2.11	D1.1.1.1.1	D1	D13	D1	D6						
	heavy	V02	00:00:18	C	6	C2.2	C2.15	C4	A1	A1	A3									
	heavy	V03		D	31	A3	A1	A2	A4	A1	C2	D	D13	D1.1.4	A3	C8	C10	C10.8	C10.8	C10.15.1
						C2.14	C8.8	C1	C1.3	C2	C2.2	C2.2	C2.2	C2.14	C3	C3.2	A3	A3	A1	A1
						A2														

Apêndice F – Configurações das camadas da Versão Final – Antes da Adaptação

Ordem de sobreposição	Nome da Camada	Forma	Símbolo	Classe	tamanho (px)	cód hex
1	Nascentes	ponto			18	
2	Ponto dos Imóveis	ponto			17	
3	Recarga Hídrica	ponto			15	
4	Enxurrada	ponto			17	
5	Erosão	ponto			15	
6	Lancamento de Esgoto	ponto			18	
7	Captação de Água	ponto			18	
8	Olho Dagua	ponto			13	
9	Fossa Negra	ponto			8	
10	Hidrografia Principal	linha				#00A9E6
11	Vegetação Nativa	polígono				#1F4423
12	Forma de Tratamento	Polígono	Diretamente no solo		#E60000	
			Diretamente em curso d'água		#E69800	
			Não há geração de efluentes		#BEE8FF	
			Fossa negra		#707070	
			Diretamente no solo e Diretamente no curso d'água		#A87000	
			Diretamente no solo e Fossa negra		#A80084	
			Diretamente no curso d'água e Fossa negra		#00734C	
			Rede pública de esgoto		#73DFFF	
			Diretamente em curso d'água, Diretamente no solo e Fossa negra		#A83800	
			Fossa séptica		#BEFFE8	
			Bacia de decantação e Fossa Negra		#B54779	
			Realiza tratamento com fertirrigação		#D1FF73	
Tratamento com biodigestor		#FFFFBE				
13	Ordem de Priorização	polígono	128 – 150		Não se Aplica	
			105 – 128		Não se Aplica	
			77 – 105		Não se Aplica	

Ordem de sobreposição	Nome da Camada	Forma	Símbolo	Classe	tamanho (px)	cód hex
				44 – 77		Não se Aplica
				11 – 44		Não se Aplica
				1 – 11		Não se Aplica
14	Área Consolidada	polígono				#FFFFBE
15	Nascentes Imoveis	polígono		0		#EBEBEB
				1		#FFFFCC
				2		#FFFF66
				3		#FFFF00
				4		#CCCC99
				5		#CCCC66
				6		#CCCC33
				7		#999966
				8		#999933
				9		#999900
				10		#666633
				11		#666600
				13		#333300
				14		#333300
16	Recarga Hidrica Poligono	polígono		Pastagem		#CD8900
				Floresta		#73A800
				Não possui recarga hídrica		#A7C636
				Outros		#9E559C
				Silvicultura		#CDAE00
				Desnuda		#B2B2B2
				Floresta e Pastagem		#F789D8
				Fruticultura		#B7814A
				Remanescente de Mata Atlântica		#3CAF99
				Floresta e Silvicultura		#6B6BD6
				Outro		#FFEBBE

Ordem de sobreposição	Nome da Camada	Forma	Símbolo	Classe	tamanho (px)	cód hex
17	Vegetacao Nascentes	polígono		Floresta		#73A800
				Pastagem		#CC8A00
				Não se aplica		#C2C2C2
				Propriedades que não possuem nascentes		#B3B3B3
				Propriedades que não possuem APP		#FF0000
				Outros		#C8A0A0
				Outra		#C8A0A0
				Floresta e Pastagem		#D6FFA8
				Outro		#C8A0A0
				Bananeiras		#6B6BD6
				Silvicultura		#CCAD00
				Vegetação de Brejo		#7F7F7F
				Remanescentes de Floresta		#149ECE
				Bambu		#FFFFFF
			18	Uso do Solo	polígono	
	Floresta					#4458A8
	Não se aplica					#C2C2C2
	Outro					#C8A0A0
	Silvicultura					#CCAD00
	Pastagem e floresta					#D6FFA8
	Não Possui APP					#FF0000
	Não possui vegetação					#B3B3B3
	Floresta estágio avançado					#3CAF99
	Bambu					#935132
	Floresta estágio médio					#149ECE
	Fruticultura					#E787F8
	Gramíneas e Plantação de café					#FFF3BF
	Lavoura					#FFD600

Ordem de sobreposição	Nome da Camada	Forma	Símbolo	Classe	tamanho (px)	cód hex
				Pastagem e Vegetação Hidrofila		#F1C232
				Quintal		#F789D8
				Vegetação Brejo		#45C2A5
				Vegetação antropizada com espécies exótica		#935132
19	Processos Erosivos	polígono		Sem processos erosivos		#E9FFBE
				Sulcos		#FFFF00
				Laminar		#FFFFBE
				Voçoroca		#737300
				Laminar e Sulcos		#FFEBAF
				Voçoroca e Sulcos		#E69800
				Sulcos, Laminar e Voçoroca		#A87000
				Laminar e Voçoroca		#FFAA00
				Ravinas		#E6E600
				Ravinas e Sulcos		#FFD37F
				Sulcos, Laminar, Voçoroca e Ravinas		#734C00
				Não especificado		#AAAAAA
20	Área imóvel	polígono				#730000
21	Estradas	linha				
22	Municípios	polígono			3	#474747
23	Microbacias Priorizadas	polígono			1.5	#4C7300

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2021.

Apêndice G – Resultados de proporção de contraste das camadas

Camada de fundo	Classe de feição	Código HEX	Camada de Sobreposição									
			Nascentes	Ponto dos Imóveis	Recarga Hídrica	Enxurrada	Erosão	Lancamento de Esgoto	Captação de Água	Olho Dagua	Fossa Negra	Vegetação Nativa
Forma de Tratamento	Diretamente no solo	#E60000	1.05 : 1	3.1 : 1	4.81 : 1	2.02 : 1	1.27 : 1	2.12 : 1	1.15 : 1	1.26 : 1	3.1 : 1	2.29 : 1
	Diretamente em curso d'água	#E69800	1.94 : 1	6.3 : 1	2.37 : 1	1:1	1.6 : 1	4.31 : 1	2.34 : 1	1.62 : 1	6.3 : 1	4.64 : 1
	Não há geração de efluentes	#BEE8FF	3.55 : 1	11.51 : 1	1.3 : 1	1.84 : 1	2.93 : 1	7.87 : 1	4.28 : 1	2.95 : 1	11.51 : 1	8.47 : 1
	Fossa negra	#707070	1.17 : 1	3.02 : 1	4.95 : 1	2.08 : 1	1.3 : 1	2.06 : 1	1.12 : 1	1.29 : 1	3.02 : 1	2.22 : 1
	Diretamente no solo e Diretamente no curso d'água	#A87000	1.09 : 1	3.54 : 1	4.21 : 1	1.77 : 1	1.11 : 1	2.42 : 1	1.32 : 1	1.1 : 1	3.54 : 1	2.61 : 1
	Diretamente no solo e Fossa negra	#A80084	1.52 : 1	2.13 : 1	7:1	2.94 : 1	1.84 : 1	1.46 : 1	1.26 : 1	1.83 : 1	2.13 : 1	1.57 : 1
	Diretamente no curso d'água e Fossa negra	#00734C	1.28 : 1	2.53 : 1	5.9 : 1	2.48 : 1	1.55 : 1	1.73 : 1	1.06 : 1	1.54 : 1	2.53 : 1	1.86 : 1
	Rede pública de esgoto	#73DFFF	3.01 : 1	9.77 : 1	1.53 : 1	1.56 : 1	2.48 : 1	6.68 : 1	3.63 : 1	2.51 : 1	9.77 : 1	7.19 : 1
	Diretamente em curso d'água, Diretamente no solo e Fossa negra	#A83800	1.41 : 1	2.3 : 1	6.5 : 1	2.73 : 1	1.71 : 1	1.57 : 1	1.17 : 1	1.7 : 1	2.3 : 1	1.69 : 1
	Fossa séptica	#BEFFE8	4.09 : 1	13.27 : 1	1.13 : 1	2.12 : 1	3.38 : 1	9.07 : 1	4.94 : 1	3.4 : 1	13.27 : 1	9.77 : 1
	Bacia de decantação e Fossa Negra	#B54779	1.1 : 1	2.95 : 1	5.07 : 1	2.13 : 1	1.33 : 1	2.01 : 1	1.1 : 1	1.32 : 1	2.95 : 1	2.17 : 1
	Realiza tratamento com fertirrigação	#D1FF73	04:01	12.99 : 1	1.15 : 1	2.07 : 1	3.3 : 1	8.88 : 1	4.83 : 1	3.33 : 1	12.99 : 1	9.56 : 1
	Tratamento com biodigestor	#FFFFBE	4.45 : 1	14.44 : 1	1.03 : 1	2.3 : 1	3.67 : 1	9.87 : 1	5.37 : 1	3.7 : 1	14.44 : 1	10.63 : 1
Ordem de Priorização	128 – 150	#915594	1.25 : 1	2.8 : 1	5.34 : 1	2.24 : 1	1.41 : 1	1.91 : 1	1.04 : 1	1.39 : 1	2.8 : 1	2.06 : 1
	105 – 128	#b471ab	1.29 : 1	4.19 : 1	3.56 : 1	1.5 : 1	1.07 : 1	2.86 : 1	1.56 : 1	1.07 : 1	4.19 : 1	3.09 : 1
	77 – 105	#d68dc3	1.85 : 1	6.02 : 1	2.48 : 1	1.04 : 1	1.53 : 1	4.11 : 1	2.24 : 1	1.54 : 1	6.02 : 1	4.43 : 1
	44 – 77	#dda0c7	2.18 : 1	7.06 : 1	2.12 : 1	1.13 : 1	1.8 : 1	4.83 : 1	2.63 : 1	1.81 : 1	7.06 : 1	5.2 : 1
	11 – 44	#ebc5d0	2.94 : 1	9.55 : 1	1.56 : 1	1.52 : 1	2.43 : 1	6.53 : 1	3.55 : 1	2.45 : 1	9.55 : 1	7.03 : 1
	1 – 11	#f8ead9	3.89 : 1	12.64 : 1	1.18 : 1	2.02 : 1	3.21 : 1	8.64 : 1	4.7 : 1	3.24 : 1	12.64 : 1	9.3 : 1
Área Consolidada		#FFFFBE	4.45 : 1	14.44 : 1	1.03 : 1	2.3 : 1	3.67 : 1	9.87 : 1	5.37 : 1	3.7 : 1	14.44 : 1	10.63 : 1
Nascentes Imoveis	0	#EBEBEB	3.86 : 1	12.53 : 1	1.19 : 1	2 : 1	3.19 : 1	8.57 : 1	4.66 : 1	3.21 : 1	12.53 : 1	9.23 : 1
	1	#FFFFCC	4.48 : 1	14.53 : 1	1.03 : 1	2.32 : 1	3.7 : 1	9.94 : 1	5.4 : 1	3.73 : 1	14.53 : 1	10.7 : 1
	2	#FFFF66	4.33 : 1	14.05 : 1	1.06 : 1	2.24 : 1	3.57 : 1	9.6 : 1	5.22 : 1	3.6 : 1	14.05 : 1	10.34 : 1
	3	#FFFF00	4.29 : 1	13.91 : 1	1.07 : 1	2.22 : 1	3.54 : 1	9.51 : 1	5.17 : 1	3.57 : 1	13.91 : 1	10.24 : 1

	4	#CCCC99	2.78 : 1	9.01 : 1	1.66 : 1	1.44 : 1	2.29 : 1	6.16 : 1	3.35 : 1	2.31 : 1	9.01 : 1	6.63 : 1
	5	#CCCC66	2.72 : 1	8.82 : 1	1.69 : 1	1.41 : 1	2.24 : 1	6.03 : 1	3.28 : 1	2.26 : 1	8.82 : 1	6.49 : 1
	6	#CCCC33	2.69 : 1	8.72 : 1	1.71 : 1	1.39 : 1	2.22 : 1	5.96 : 1	3.24 : 1	2.24 : 1	8.72 : 1	6.42 : 1
	7	#999966	1.56 : 1	5.05 : 1	2.96 : 1	1.24 : 1	1.29 : 1	3.45 : 1	1.88 : 1	1.3 : 1	5.05 : 1	3.72 : 1
	8	#999933	1.53 : 1	4.95 : 1	3.02 : 1	1.27 : 1	1.26 : 1	3.38 : 1	1.84 : 1	1.27 : 1	4.95 : 1	3.64 : 1
	9	#999900	1.51 : 1	4.92 : 1	3.04 : 1	1.28 : 1	1.25 : 1	3.36 : 1	1.83 : 1	1.26 : 1	4.92 : 1	3.62 : 1
	10	#666633	1.3 : 1	2.5 : 1	5.98 : 1	2.51 : 1	1.57 : 1	1.71 : 1	1.08 : 1	1.56 : 1	2.5 : 1	1.84 : 1
	11	#666600	1.32 : 1	2.47 : 1	6.06 : 1	2.54 : 1	1.59 : 1	1.69 : 1	1.09 : 1	1.58 : 1	2.47 : 1	1.81 : 1
	13	#333300	2.83 : 1	1.15 : 1	13.01 : 1	5.46 : 1	3.42 : 1	1.27 : 1	2.34 : 1	3.39 : 1	1.15 : 1	1.18 : 1
	14	#333300	2.83 : 1	1.15 : 1	13.01 : 1	5.46 : 1	3.42 : 1	1.27 : 1	2.34 : 1	3.39 : 1	1.15 : 1	1.18 : 1
Recarga Hidrica Poligono	Pastagem	#CD8900	1.57 : 1	5.1 : 1	2.93 : 1	1.23 : 1	1.3 : 1	3.49 : 1	1.9 : 1	1.31 : 1	5.1 : 1	3.76 : 1
	Floresta	#73A800	1.61 : 1	5.21 : 1	2.86 : 1	1.2 : 1	1.33 : 1	3.56 : 1	1.94 : 1	1.34 : 1	5.21 : 1	3.84 : 1
	Não possui recarga hídrica	#A7C636	2.36 : 1	7.66 : 1	1.95 : 1	1.22 : 1	1.95 : 1	5.24 : 1	2.85 : 1	1.97 : 1	7.66 : 1	5.64 : 1
	Outros	#9E559C	1.08 : 1	3.01 : 1	4.96 : 1	2.08 : 1	1.31 : 1	2.06 : 1	1.12 : 1	1.29 : 1	3.01 : 1	2.22 : 1
	Silvicultura	#CDAE00	2.11 : 1	6.86 : 1	2.18 : 1	1.1 : 1	1.75 : 1	4.69 : 1	2.55 : 1	1.76 : 1	6.86 : 1	5.05 : 1
	Desnuda	#B2B2B2	2.17 : 1	7.05 : 1	2.12 : 1	1.12 : 1	1.79 : 1	4.82 : 1	2.62 : 1	1.81 : 1	7.05 : 1	5.19 : 1
	Floresta e Pastagem	#F789D8	2.09 : 1	6.78 : 1	2.2 : 1	1.08 : 1	1.72 : 1	4.63 : 1	2.52 : 1	1.74 : 1	6.78 : 1	4.99 : 1
	Fruticultura	#B7814A	1.37 : 1	4.45 : 1	3.36 : 1	1.41 : 1	1.13 : 1	3.04 : 1	1.65 : 1	1.14 : 1	4.45 : 1	3.27 : 1
	Remanescente de Mata Atlântica	#3CAF99	1.71 : 1	5.54 : 1	2.7 : 1	1.13 : 1	1.41 : 1	3.79 : 1	2.06 : 1	1.42 : 1	5.54 : 1	4.08 : 1
	Floresta e Silvicultura	#6B6BD6	1.03 : 1	3.34 : 1	4.47 : 1	1.88 : 1	1.18 : 1	2.29 : 1	1.24 : 1	1.17 : 1	3.34 : 1	2.46 : 1
Vegetacao Nascentes	Outro	#FFEBBE	3.92 : 1	12.72 : 1	1.17 : 1	2.03 : 1	3.23 : 1	8.7 : 1	4.73 : 1	3.26 : 1	12.72 : 1	9.36 : 1
	Floresta	#73A800	1.61 : 1	5.21 : 1	2.86 : 1	1.2 : 1	1.33 : 1	3.56 : 1	1.94 : 1	1.34 : 1	5.21 : 1	3.84 : 1
	Pastagem	#CC8A00	1.58 : 1	5.12 : 1	2.92 : 1	1.22 : 1	1.3 : 1	3.5 : 1	1.91 : 1	1.31 : 1	5.12 : 1	3.77 : 1
	Não se aplica	#C2C2C2	2.58 : 1	8.39 : 1	1.78 : 1	1.34 : 1	2.13 : 1	5.73 : 1	3.12 : 1	2.15 : 1	8.39 : 1	6.17 : 1
	Propriedades que não possuem nascentes	#B3B3B3	2.2 : 1	7.12 : 1	2.1 : 1	1.14 : 1	1.81 : 1	4.87 : 1	2.65 : 1	1.83 : 1	7.12 : 1	5.25 : 1
	Propriedades que não possuem APP	#FF0000	1.15 : 1	3.74 : 1	4:1	1.68 : 1	1.05 : 1	2.55 : 1	1.39 : 1	1.04 : 1	3.74 : 1	2.75 : 1
	Outros	#C8A0A0	1.97 : 1	6.4 : 1	2.34 : 1	1.02 : 1	1.63 : 1	4.37 : 1	2.38 : 1	1.64 : 1	6.4 : 1	4.71 : 1
	Outra	#C8A0A0	1.97 : 1	6.4 : 1	2.34 : 1	1.02 : 1	1.63 : 1	4.37 : 1	2.38 : 1	1.64 : 1	6.4 : 1	4.71 : 1
	Floresta e Pastagem	#D6FFA8	4.1 : 1	13.32 : 1	1.12 : 1	2.13 : 1	3.39 : 1	9.11 : 1	4.95 : 1	3.42 : 1	13.32 : 1	9.81 : 1
	Outro	#C8A0A0	1.97 : 1	6.4 : 1	2.34 : 1	1.02 : 1	1.63 : 1	4.37 : 1	2.38 : 1	1.64 : 1	6.4 : 1	4.71 : 1
Bananeiras	#6B6BD6	1.03 : 1	3,34	4.47 : 1	1.88 : 1	1.18 : 1	2.29 : 1	1.24 : 1	1.17 : 1	3,34	2.46 : 1	

	Silvicultura	#CCAD00	2.09 : 1	6.79 : 1	2.2 : 1	1.08 : 1	1.73 : 1	4.64 : 1	2.52 : 1	1.74 : 1	6.79 : 1	5:1
	Vegetação de Brejo	#7F7F7F	1.15 : 1	3.73 : 1	4:1	1.68 : 1	1.05 : 1	2.55 : 1	1.39 : 1	1.04 : 1	3.73 : 1	2.75 : 1
	Remanescentes de Floresta	#149ECE	1.49 : 1	4.85 : 1	3.08 : 1	1.29 : 1	1.23 : 1	3.31 : 1	1.8 : 1	1.24 : 1	4.85 : 1	3.57 : 1
	Bambu	#FFFFFF	4.6 : 1	14.94 : 1	1:1	2.38 : 1	3.8 : 1	10.21 : 1	5.56 : 1	3.83 : 1	14.94 : 1	11:01
	Bananeiras e pequenos arbustos											
Uso do Solo	Pastagem	#CC9260	1.72 : 1	5.58 : 1	2.68 : 1	1.12 : 1	1.42 : 1	3.82 : 1	2.08 : 1	1.43 : 1	5.58 : 1	4.11 : 1
	Floresta	#4458A8	1.42 : 1	2.28 : 1	6.55 : 1	2.75 : 1	1.72 : 1	1.56 : 1	1.18 : 1	1.71 : 1	2.28 : 1	1.68 : 1
	Não se aplica	#BFB5A9	2.28 : 1	7.4 : 1	2.02 : 1	1.18 : 1	1.88 : 1	5.06 : 1	2.75 : 1	1.9 : 1	7.4 : 1	5.45 : 1
	Outro	#C78F88	1.69 : 1	5.49 : 1	2.72 : 1	1.14 : 1	1.4 : 1	3.75 : 1	2.04 : 1	1.41 : 1	5.49 : 1	4.04 : 1
	Silvicultura	#BDCC83	2.66 : 1	8.63 : 1	1.73 : 1	1.38 : 1	2.19 : 1	5.9 : 1	3.21 : 1	2.21 : 1	8.63 : 1	6.35 : 1
	Pastagem e floresta	#F789D8	2.09 : 1	6.78 : 1	2.2 : 1	1.08 : 1	1.72 : 1	4.63 : 1	2.52 : 1	1.74 : 1	6.78 : 1	4.99 : 1
	Não Possui APP	#FF2B41	1.24 : 1	4.04 : 1	3.7 : 1	1.55 : 1	1.03 : 1	2.76 : 1	1.5 : 1	1.04 : 1	4.04 : 1	2.97 : 1
	Não possui vegetação	#8A92A0	1.47 : 1	4.77 : 1	3.13 : 1	1.32 : 1	1.21 : 1	3.26 : 1	1.77 : 1	1.22 : 1	4.77 : 1	3.51 : 1
	Floresta estágio avançado	#49B38E	1.78 : 1	5.78 : 1	2.59 : 1	1.08 : 1	1.47 : 1	3.95 : 1	2.15 : 1	1.48 : 1	5.78 : 1	4.25 : 1
	Bambu	#935132	1.32 : 1	2.46 : 1	6.06 : 1	2.54 : 1	1.6 : 1	1.68 : 1	1.09 : 1	1.58 : 1	2.46 : 1	1.81 : 1
	Floresta estágio médio	#1489D1	1.21 : 1	3.93 : 1	3.8 : 1	1.59 : 1	1:1	2.69 : 1	1.46 : 1	1.01 : 1	3.93 : 1	2.9 : 1
	Fruticultura	#BD5D21	1.04 : 1	3.38 : 1	4.42 : 1	1.85 : 1	1.16 : 1	2.31 : 1	1.26 : 1	1.15 : 1	3.38 : 1	2.49 : 1
	Gramíneas e Plantação de café	#FFF3BF	4.13 : 1	13.39 : 1	1.12 : 1	2.14 : 1	3.41 : 1	9.16 : 1	4.98 : 1	3.44 : 1	13.39 : 1	9.86 : 1
	Lavoura	#FFD600	3.26 : 1	10.58 : 1	1.41 : 1	1.69 : 1	2.69 : 1	7.23 : 1	3.93 : 1	2.71 : 1	10.58 : 1	7.79 : 1
	Pastagem e Vegetação Hidrofila	#F5B628	2.54 : 1	8.25 : 1	1.81 : 1	1.32 : 1	2.1 : 1	5.64 : 1	3.07 : 1	2.12 : 1	8.25 : 1	6.08 : 1
	Quintal	#E2CCFA	3.12 : 1	10.14 : 1	1.47 : 1	1.62 : 1	2.58 : 1	6.93 : 1	3.77 : 1	2.6 : 1	10.14 : 1	7.46 : 1
Vegetação Brejo	#3DC2BA	2.11 : 1	6.85 : 1	2.18 : 1	1.09 : 1	1.74 : 1	4.68 : 1	2.55 : 1	1.76 : 1	6.85 : 1	5.04 : 1	
Vegetação antropizada com espécies exótica	#935132	1.32 : 1	2.46 : 1	6.06 : 1	2.54 : 1	1.6 : 1	1.68 : 1	1.09 : 1	1.58 : 1	2.46 : 1	1.81 : 1	
Processos Erosivos	Sem processos erosivos	#E9FFBE	4.28 : 1	13.88 : 1	1.08 : 1	2.21 : 1	3.53 : 1	9.49 : 1	5.16 : 1	3.56 : 1	13.88 : 1	10.22 : 1
	Sulcos	#FFFF00	4.29 : 1	13.91 : 1	1.07 : 1	2.22 : 1	3.54 : 1	9.51 : 1	5.17 : 1	3.57 : 1	13.91 : 1	10.24 : 1
	Laminar	#FFBDF	4.41 : 1	14.31 : 1	1.04 : 1	2.28 : 1	3.64 : 1	9.78 : 1	5.32 : 1	3.67 : 1	14.31 : 1	10.54 : 1
	Voçoroca	#737300	1.09 : 1	2.97 : 1	5.02 : 1	2.11 : 1	1.32 : 1	2.03 : 1	1.11 : 1	1.31 : 1	2.97 : 1	2.19 : 1
	Laminar e Sulcos	#FFC692	3.01 : 1	9.78 : 1	1.53 : 1	1.56 : 1	2.49 : 1	6.68 : 1	3.64 : 1	2.51 : 1	9.78 : 1	7.2 : 1
	Voçoroca e Sulcos	#E68802	1.73 : 1	5.61 : 1	2.66 : 1	1.12 : 1	1.43 : 1	3.84 : 1	2.09 : 1	1.44 : 1	5.61 : 1	4.13 : 1
	Sulcos, Laminar e Voçoroca	#A87000	1.09 : 1	3.54 : 1	4.21 : 1	1.77 : 1	1.11 : 1	2.42 : 1	1.32 : 1	1.1 : 1	3.54 : 1	2.61 : 1

Laminar e Voçoroca	#FFB424	2.59 : 1	8.4 : 1	1.78 : 1	1.34 : 1	2.14 : 1	5.74 : 1	3.12 : 1	2.15 : 1	8.4 : 1	6.18 : 1
Ravinas	#E6E600	3.44 : 1	11.16 : 1	1.34 : 1	1.78 : 1	2.84 : 1	7.63 : 1	4.15 : 1	2.86 : 1	11.16 : 1	8.21 : 1
Ravinas e Sulcos	#FFD37F	3.26 : 1	10.58 : 1	1.41 : 1	1.69 : 1	2.69 : 1	7.23 : 1	3.94 : 1	2.71 : 1	10.58 : 1	7.79 : 1
Sulcos, Laminar, Voçoroca e Ravinas	#734C00	1.65 : 1	1.97 : 1	7.6 : 1	3.19 : 1	2	1.34 : 1	1.37 : 1	1.98 : 1	1.97 : 1	1.45 : 1
Não especificado	#AAAAAA	1.98 : 1	6.43 : 1	2.32 : 1	1.03 : 1	1.64 : 1	4.4 : 1	2.39 : 1	1.65 : 1	6.43 : 1	4.73 : 1

Apêndice H - Configurações das camadas da Versão Final – Depois da Adaptação de Contraste

Ordem de sobreposição	Nome da Camada	Forma	Símbolo	Classe	tamanho (px)	cód hex
1	Nascentes	ponto			18	#FFFFFF; 004d7a
2	Ponto dos Imóveis	ponto			17	#272727
3	Recarga Hídrica	ponto			15	#FFFFFF
4	Enxurrada	ponto			17	#734C00; #FFFFFF
5	Erosão	ponto			15	cb6733
6	Lancamento de Esgoto	ponto			18	563b2b
7	Captação de Água	ponto			18	cf1617
8	Olho Dagua	ponto			13	1f89c9
9	Fossa Negra	ponto			8	6f6f6f
10	Hidrografia Principal	linha				#00A9E6
11	Vegetação Nativa	polígono				#1F4423
12	Forma de Tratamento	Polígono	Diretamente no solo		#E60000	
			Diretamente em curso d'água		#E69800	
			Não há geração de efluentes		#BEE8FF	
			Fossa negra		#707070	
			Diretamente no solo e Diretamente no curso d'água		#A87000	
			Diretamente no solo e Fossa negra		#A80084	
			Diretamente no curso d'água e Fossa negra		#00734C	
			Rede pública de esgoto		#73DFFF	
			Diretamente em curso d'água, Diretamente no solo e Fossa negra		#A83800	
			Fossa séptica		#BEFFE8	
			Bacia de decantação e Fossa Negra		#B54779	
			Realiza tratamento com fertirrigação		#D1FF73	
Tratamento com biodigestor		#FFFFBE				
13	Ordem de Priorização	polígono	128 – 150		Não se Aplica	
			105 – 128		Não se Aplica	
			77 – 105		Não se Aplica	

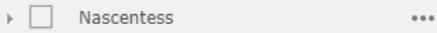
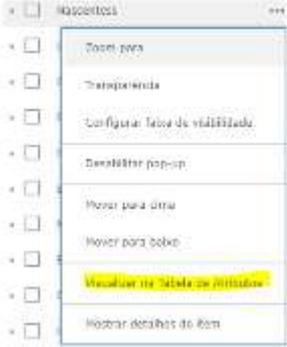
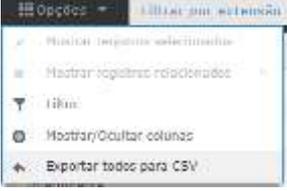
Ordem de sobreposição	Nome da Camada	Forma	Símbolo	Classe	tamanho (px)	cód hex
				44 – 77		Não se Aplica
				11 – 44		Não se Aplica
				1 – 11		Não se Aplica
14	Área Consolidada	polígono				#FFFFBE
15	Nascentes Imoveis	polígono		0		#EBEBEB
				1		#FFFFCC
				2		#FFFF66
				3		#FFFF00
				4		#CCCC99
				5		#CCCC66
				6		#CCCC33
				7		#999966
				8		#999933
				9		#999900
				10		#666633
				11		#666600
				13		#333300
				14		#333300
16	Recarga Hidrica Poligono	polígono		Pastagem		#CD8900
				Floresta		#73A800
				Não possui recarga hídrica		#A7C636
				Outros		#9E559C
				Silvicultura		#CDAE00
				Desnuda		#B2B2B2
				Floresta e Pastagem		#F789D8
				Fruticultura		#B7814A
				Remanescente de Mata Atlântica		#3CAF99
				Floresta e Silvicultura		#6B6BD6
				Outro		#FFEBBE

Ordem de sobreposição	Nome da Camada	Forma	Símbolo	Classe	tamanho (px)	cód hex
17	Vegetacao Nascentes	polígono		Floresta		#73A800
				Pastagem		#CC8A00
				Não se aplica		#C2C2C2
				Propriedades que não possuem nascentes		#B3B3B3
				Propriedades que não possuem APP		#FF0000
				Outros		#C8A0A0
				Outra		#C8A0A0
				Floresta e Pastagem		#D6FFA8
				Outro		#C8A0A0
				Bananeiras		#6B6BD6
				Silvicultura		#CCAD00
				Vegetação de Brejo		#7F7F7F
				Remanescentes de Floresta		#149ECE
				Bambu		#FFFFFF
			18	Uso do Solo	polígono	
	Floresta					#4458A8
	Não se aplica					#C2C2C2
	Outro					#C8A0A0
	Silvicultura					#CCAD00
	Pastagem e floresta					#D6FFA8
	Não Possui APP					#FF0000
	Não possui vegetação					#B3B3B3
	Floresta estágio avançado					#3CAF99
	Bambu					#935132
	Floresta estágio médio					#149ECE
	Fruticultura					#E787F8
	Gramíneas e Plantação de café					#FFF3BF
	Lavoura					#FFD600

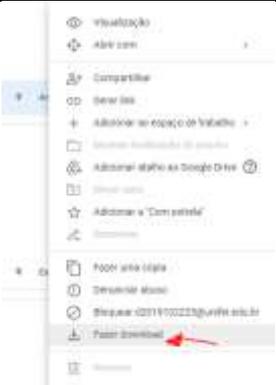
Ordem de sobreposição	Nome da Camada	Forma	Símbolo	Classe	tamanho (px)	cód hex
				Pastagem e Vegetação Hidrofila		#F1C232
				Quintal		#F789D8
				Vegetação Brejo		#45C2A5
				Vegetação antropizada com espécies exótica		#935132
19	Processos Erosivos	polígono		Sem processos erosivos		#E9FFBE
				Sulcos		#FFFF00
				Laminar		#FFFFBE
				Voçoroca		#737300
				Laminar e Sulcos		#FFEBAF
				Voçoroca e Sulcos		#E69800
				Sulcos, Laminar e Voçoroca		#A87000
				Laminar e Voçoroca		#FFAA00
				Ravinas		#E6E600
				Ravinas e Sulcos		#FFD37F
				Sulcos, Laminar, Voçoroca e Ravinas		#734C00
				Não especificado		#AAAAAA
20	Área imóvel	polígono				#730000
21	Estradas	linha				
22	Municípios	polígono			3	#474747
23	Microbacias Priorizadas	polígono			1.5	#4C7300

Apêndice I – Tutorial de uso: Mensagens e imagens inseridas na ferramenta “sobre”

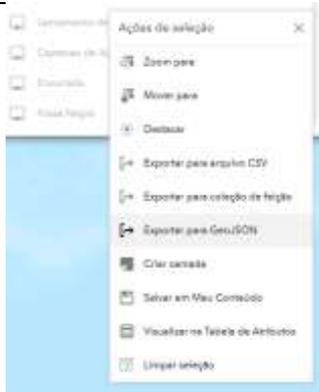
Exportar os dados em arquivo de planilha

Abra a lista de camadas	
Vá até a camada de interesse	
> Clique em “Visualizar Tabela de Atributos”	
Na tabela de atributos, clique no botão “Opções”	
“Exportar todos para CSV”	
Pronto! Você baixou as informações da camada em um arquivo de planilhas.	

Como baixar uma camada:

<p>Vá até o menu inferior, que está centralizado na tela.</p>	
<p>Clique no penúltimo botão da esquerda para a direita. Ele tem um símbolo de seta para baixo.</p>	
<p>Assim que ativá-lo, será aberta uma tela com o texto indicando o formato desejado e com o escrito “BAIXAR” em vermelho e caixa-alta.</p>	
<p>Se você clicar no texto “BAIXAR”, será aberta uma nova guia no navegador. Nela você será direcionada(o) para uma página do google drive com os arquivos de cada camada no formato escolhido.</p>	
<p>Clique com o botão direito na camada que desejar. Feito isso, será aberta uma janela “pop-up” com opções de ação para o arquivo.</p> <p>Na penúltima opção está escrito “Fazer download”.</p> <p>Se você deseja baixá-la, basta clicar neste botão que a camada será transferida para o seu dispositivo.</p>	
<p>Pronto, a camada foi baixada para o seu computador.</p>	

Como exportar os dados de camadas como arquivo para edição:

<p>Primeiro, deixe ativada a camada que você quer baixar.</p>	
<p>Agora, vá até a ferramenta selecionar. Ela fica no menu superior esquerdo, é a segunda ferramenta, da esquerda para a direita.</p>	
<p>Vai abrir uma janela com a ferramenta. Vá até a camada que está ativada, clique no quadrado no lado esquerdo do nome da camada.</p>	
<p>Depois, clique no botão selecionar. Você pode mudar o formato de seleção na seta verde claro. Use o botão esquerdo do mouse no local que irá começar a seleção. Então, arraste o ponteiro até o ponto que quer selecionar.</p>	
<p>Se você conseguiu selecionar, irá aparecer uma contagem de elementos selecionados naquela camada. Caso não tenha dado certo, verifique se a camada está ativa e se você autorizou a seleção (a caixa de seleção ao lado do nome deve ter um "☑")</p>	
<p>Agora, clique no símbolo "..." e vá até o botão "Exportar para GeoJSON"</p>	
<p>Pronto, você baixou a camada em GEOJSON. Agora você pode editá-la em outro Sistema.</p>	

ANEXO I – Mapas de Layout dos Programas P12, P42 e P52 para o município de Amparo do Serra

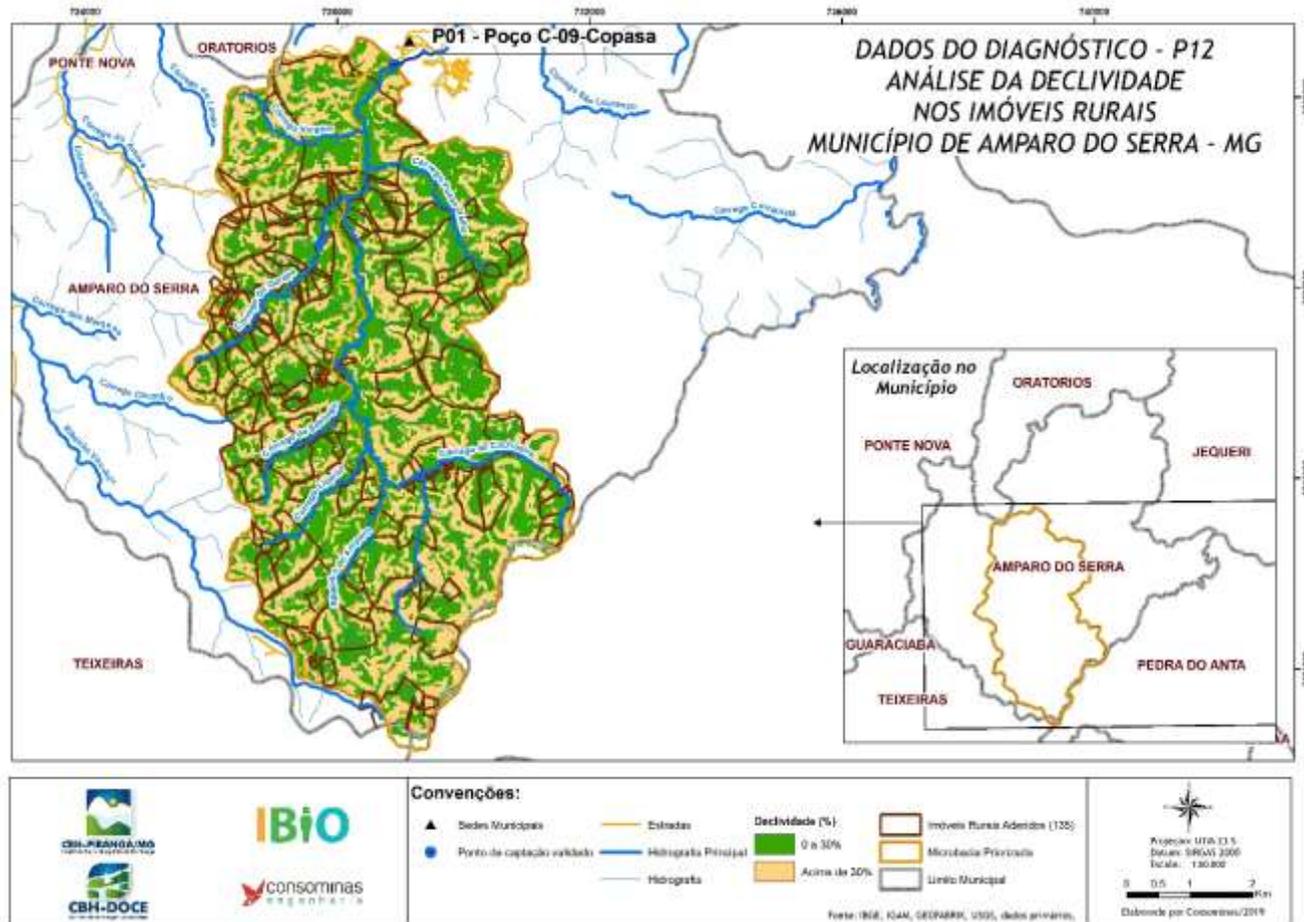


Figura 72 - Análise da declividade (P12).
Fonte: IBIO (2020).

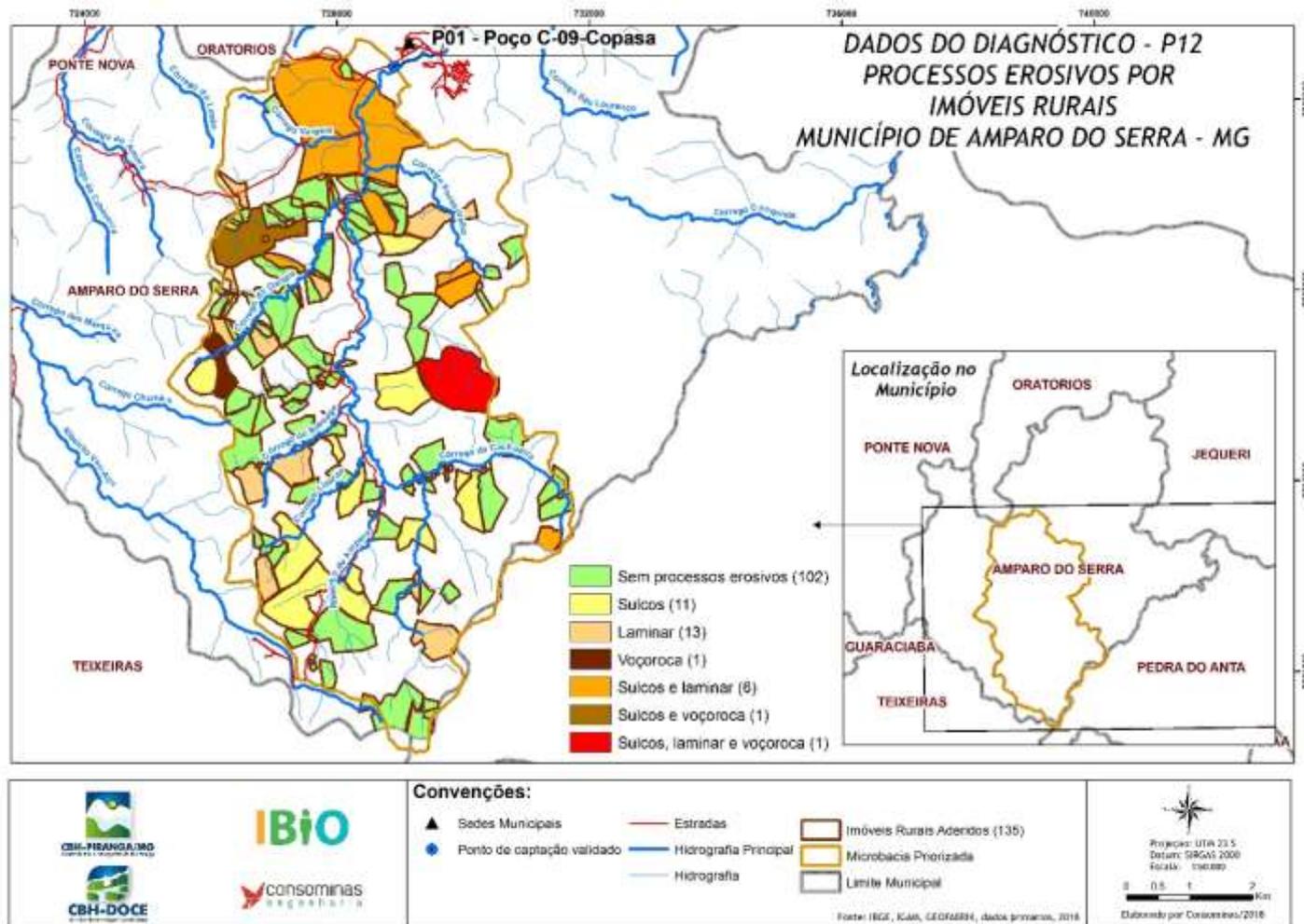


Figura 73 - Layout dos processos erosivos (P12)

Fonte: IBIO (2020)

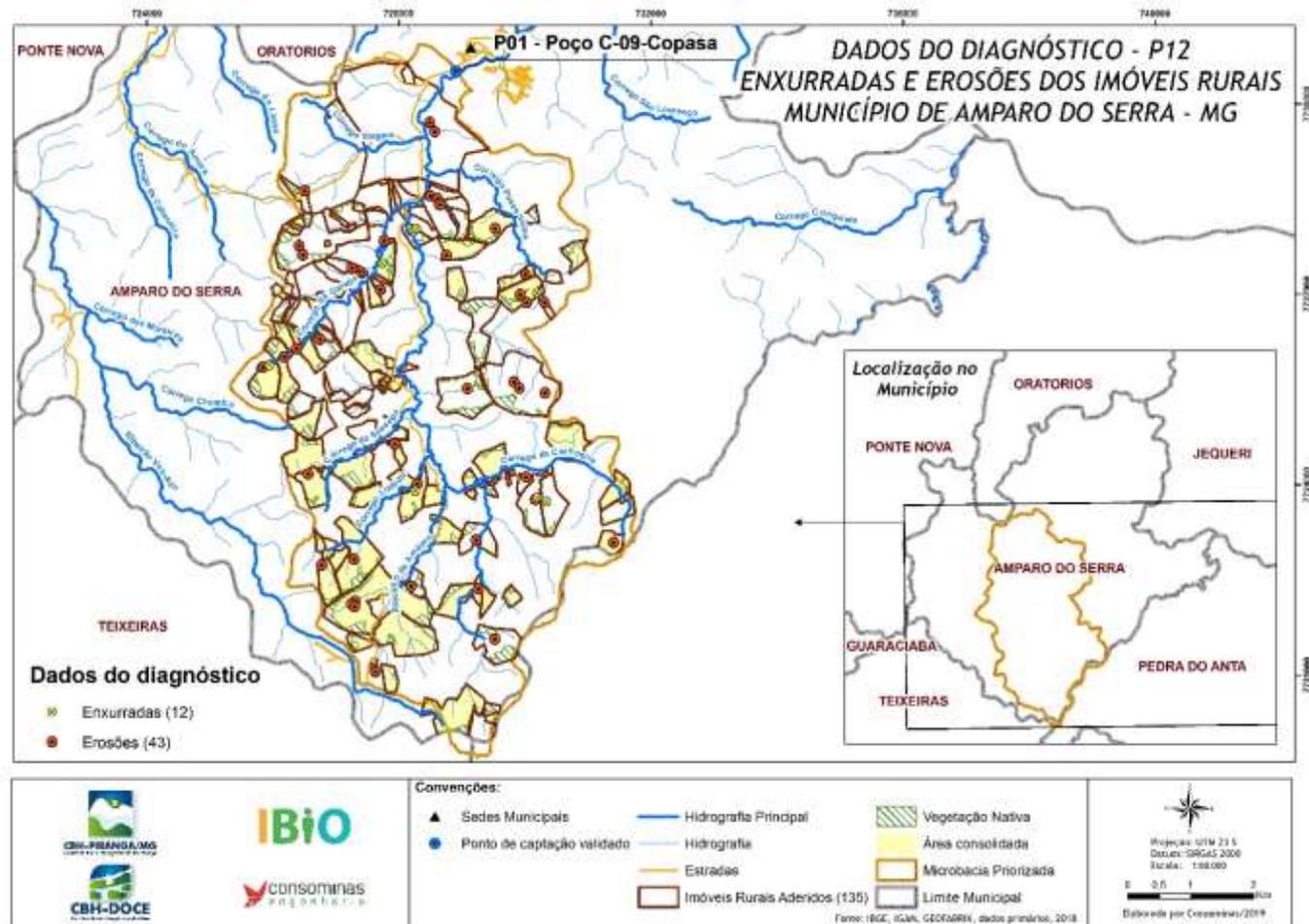


Figura 74 - Layout da enxurradas e erosões dos imóveis rurais (P12)

Fonte: IBIO, 2020.

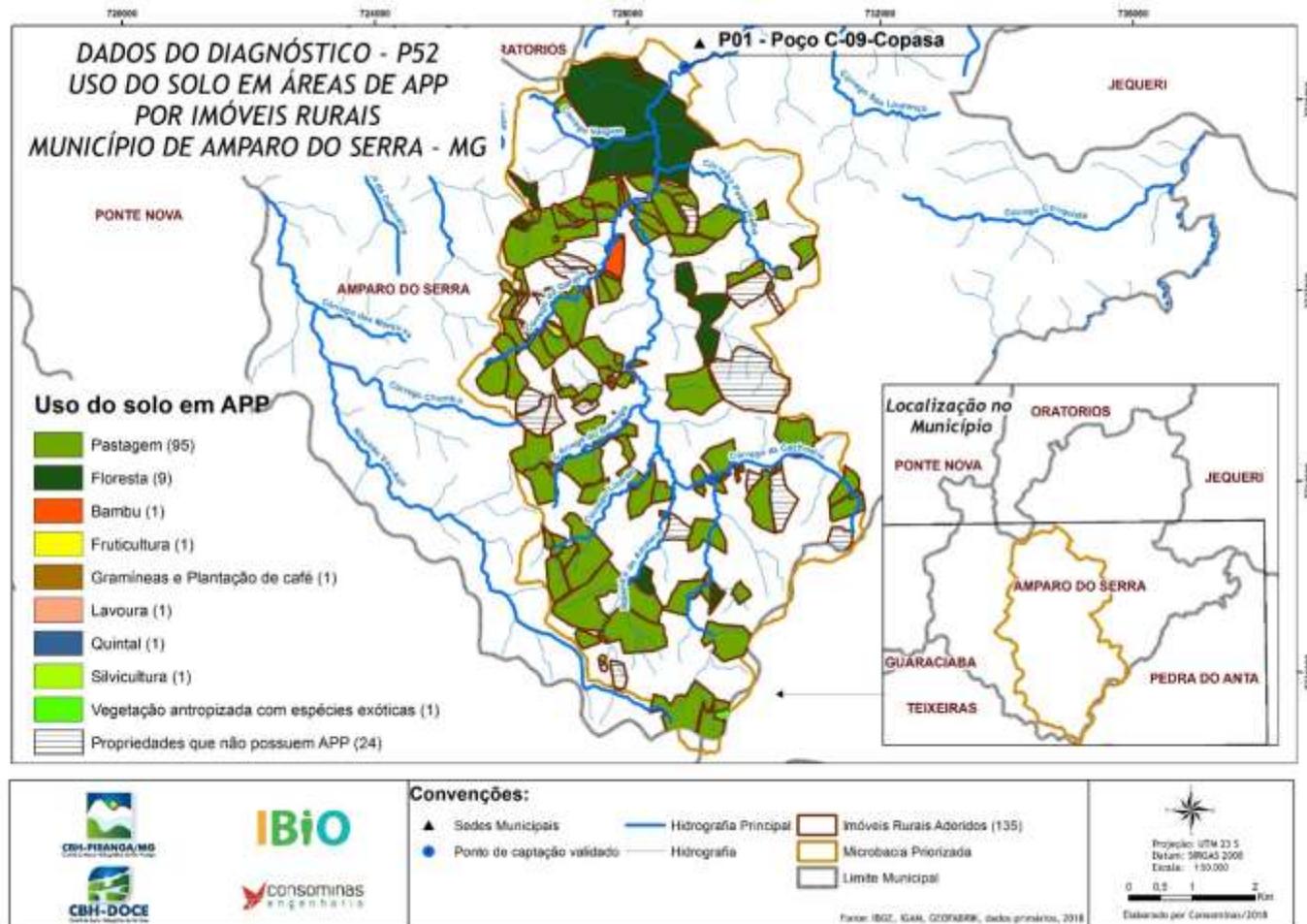


Figura 75 - Layout do uso do solo em áreas de preservação permanente (P52)

Fonte: IBIO (2020)

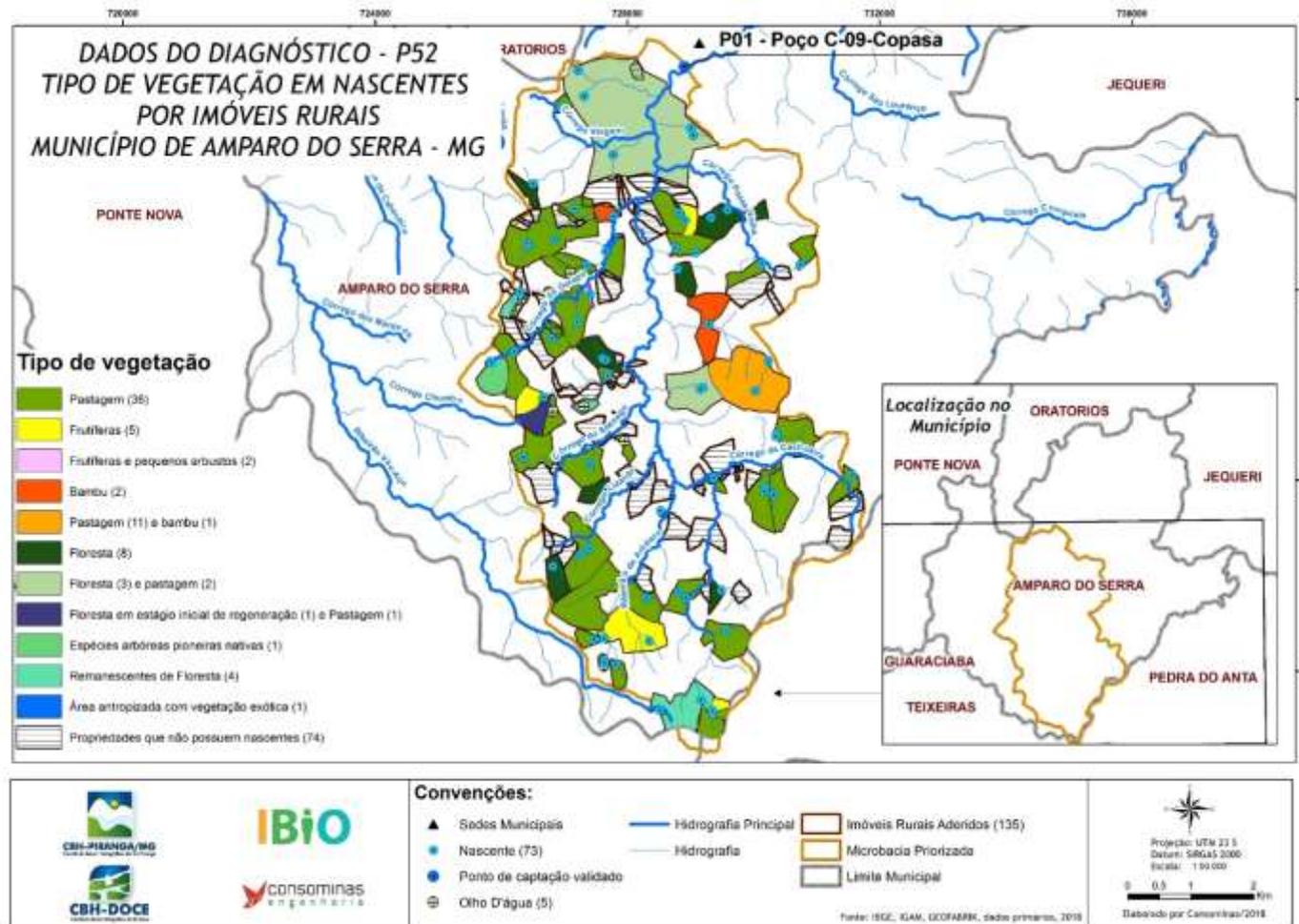


Figura 76 - Layout do tipo de vegetação em nascentes (P52)

Fonte: IBIO, 2020.

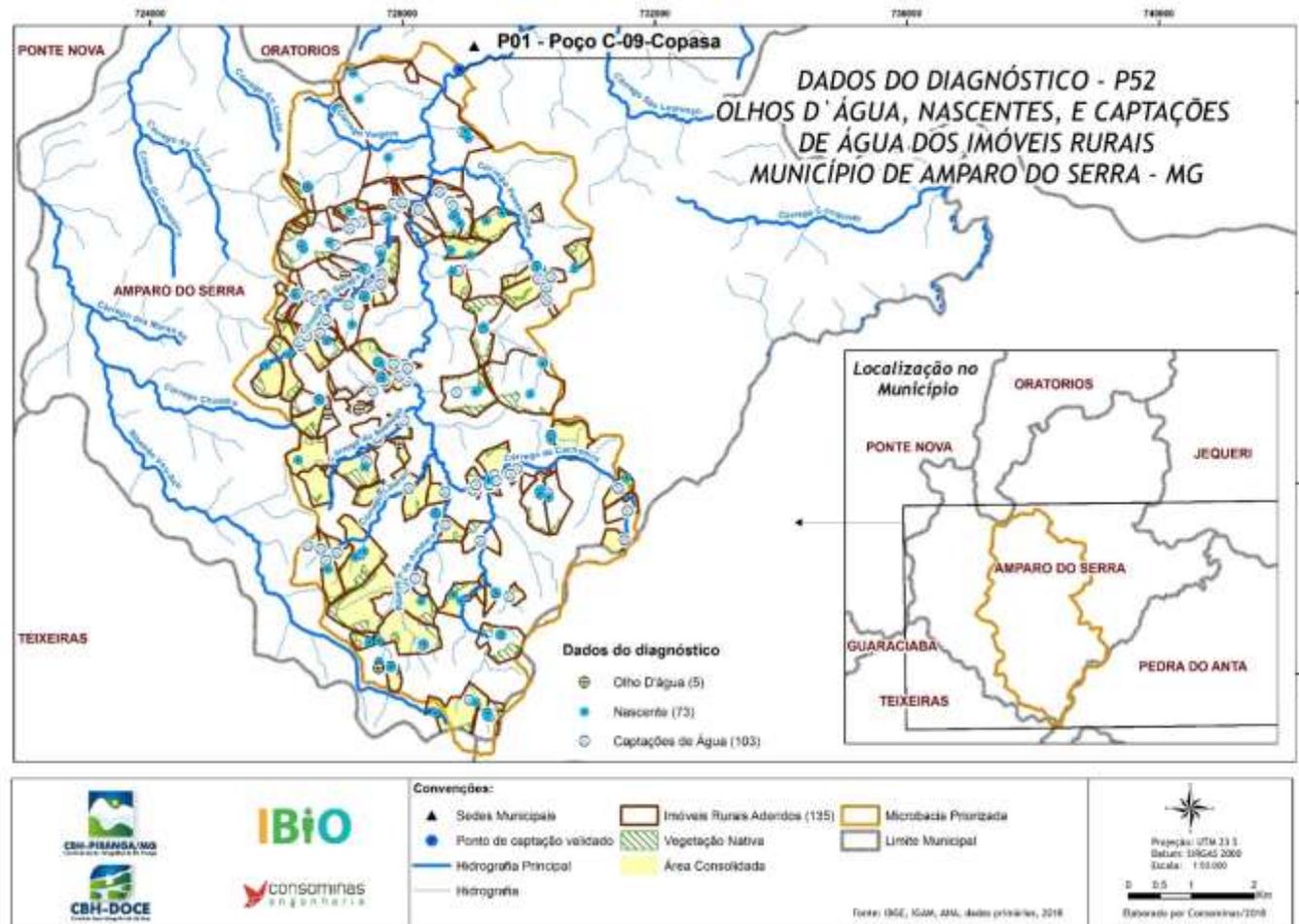


Figura 77 - Layout do mapa de nascentes, olhos d'água e captações (P52)

Fonte: IBiO, 2020.

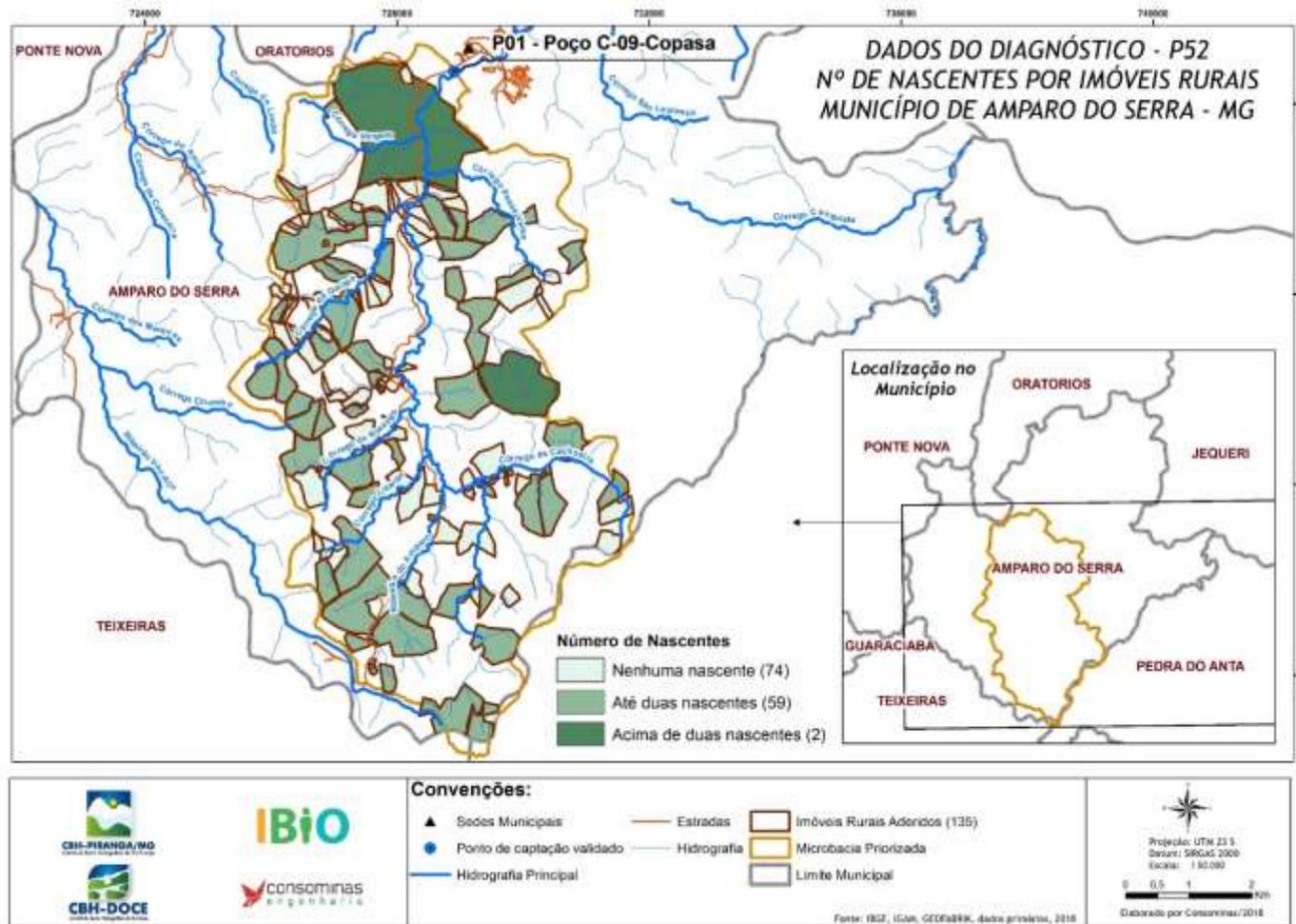


Figura 78 - layout de classificação dos imóveis por número de nascentes (P52)

Fonte: IBIO, 2020.

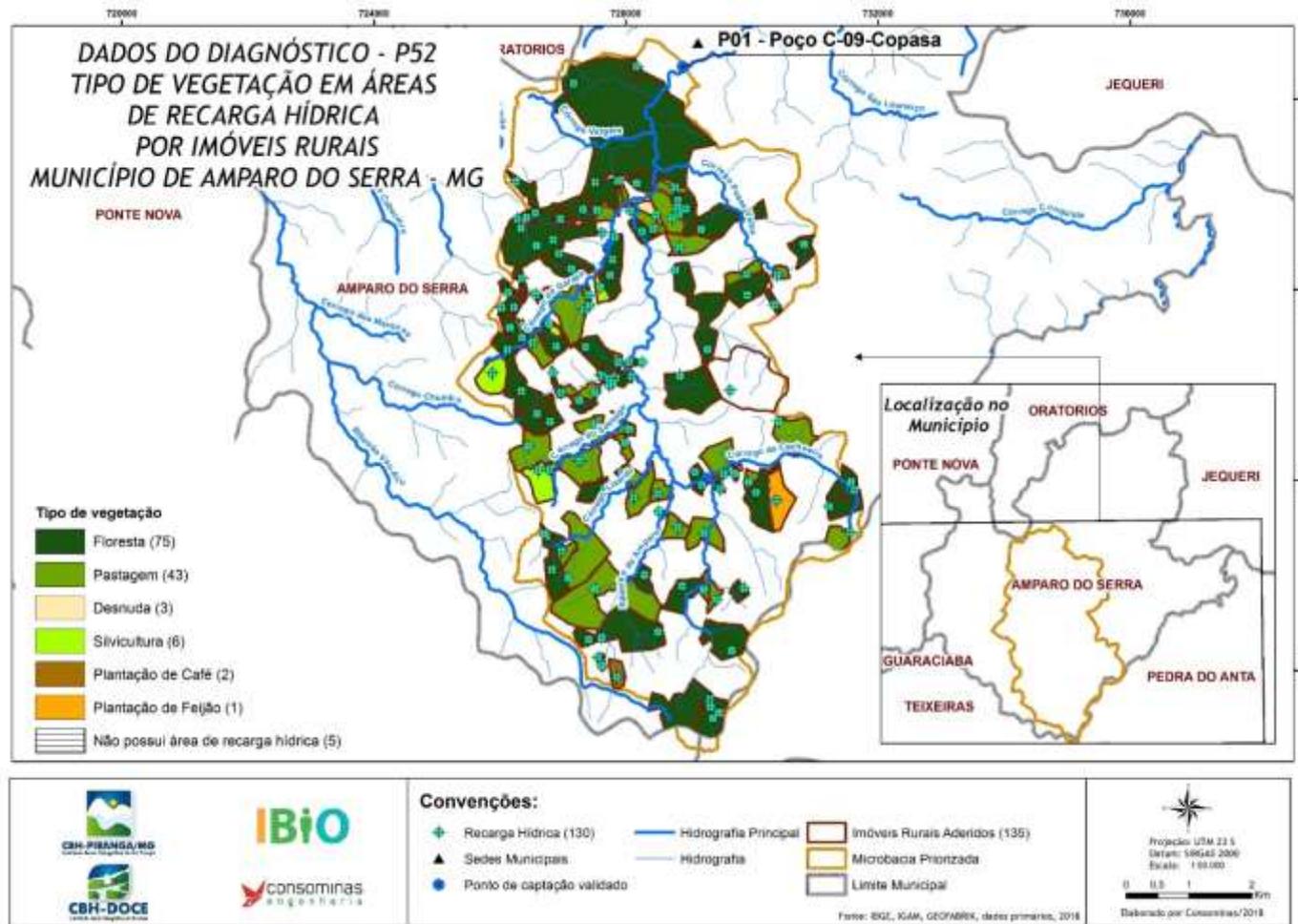


Figura 79 - Layout do tipo de vegetação em áreas de recarga hídrica (P52)

Fonte: IBIO, 2020.

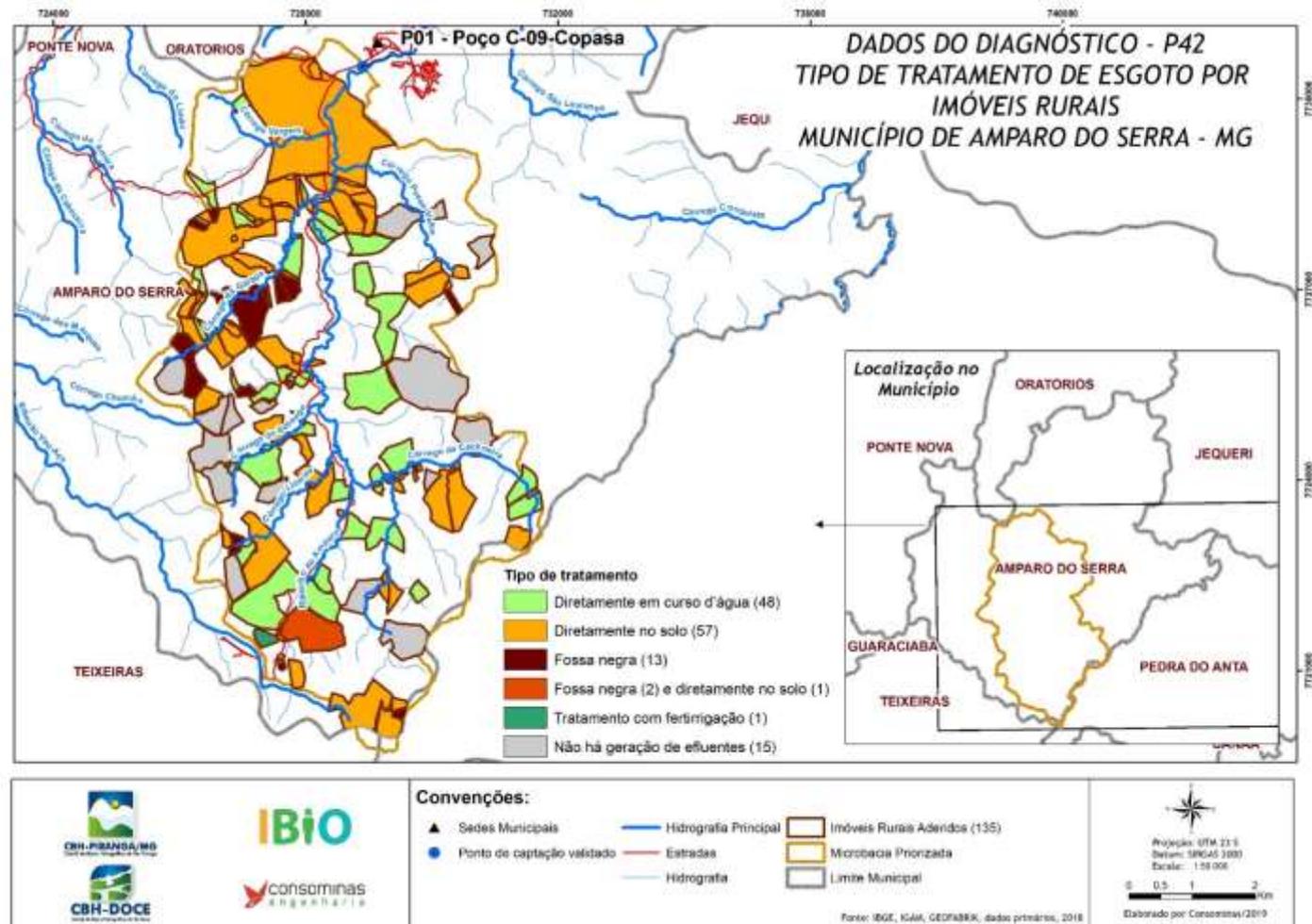


Figura 80 - Layout do tipo de tratamento de esgoto (P42)

Fonte: IBIO, 2020.

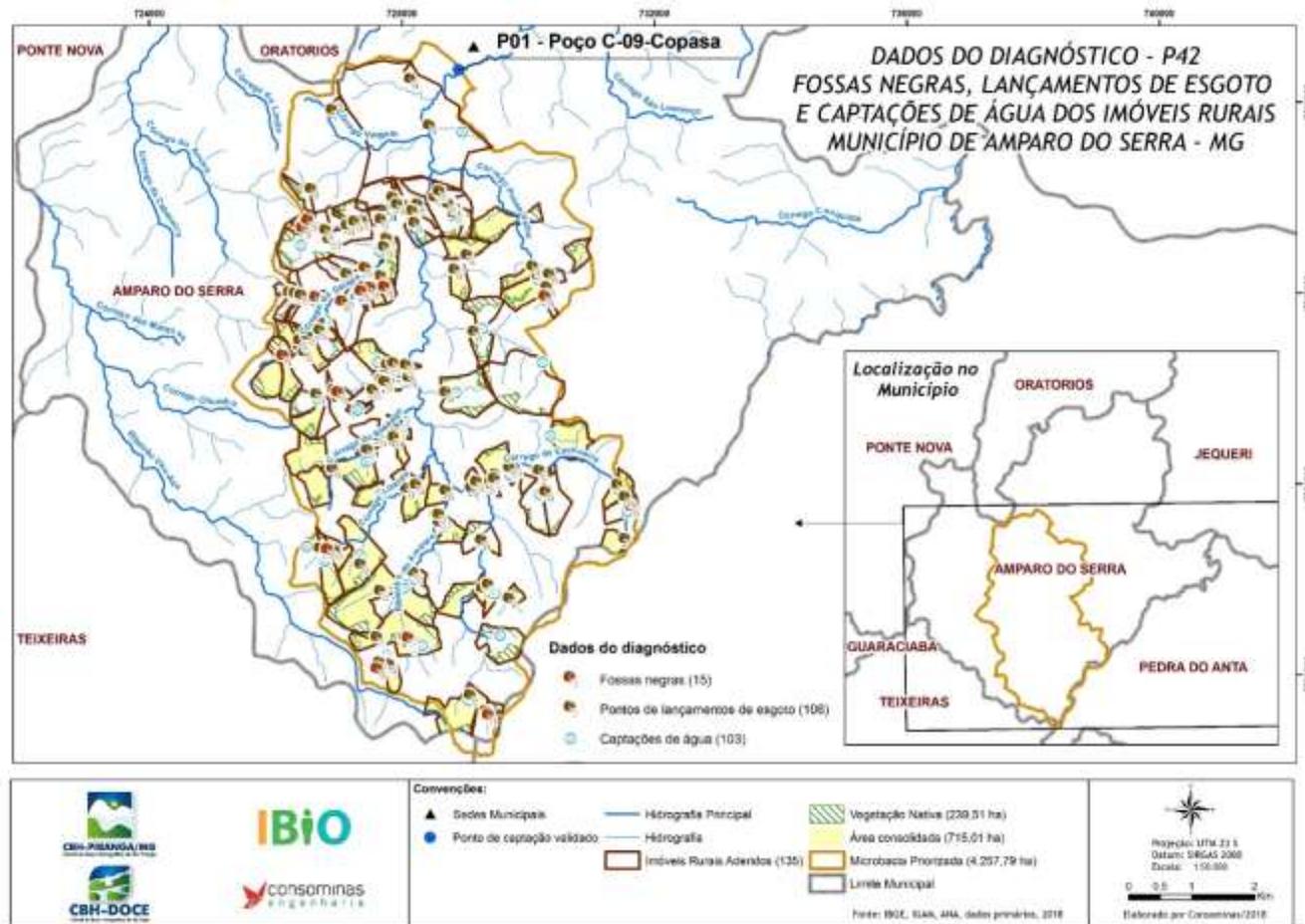


Figura 81 - Layout do mapa de localização das fossas negras, pontos de lançamentos de esgoto e captações de água (P42)

Fonte: IBIO, 2020