

Análise e proposta da melhor alternativa de

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE

*considerando ações de regularização e transposição de vazões entre bacias,
apresentadas em seu Plano de Recursos Hídricos (PRH — Verde Grande)*



Édio Malta / Banco de Imagens ANA

Agência Peixe Vivo: Ato Convocatório n° 003/2019 — Contrato de Gestão ANA n° 083/ANA/2017 — Prestação de Serviços n° 004/2019

AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO

Revisão 02

DEZEMBRO DE 2020

Execução técnica



Acompanhamento



Realização





Ato Convocatório nº: 003/2019 – Contrato de Gestão ANA nº: 083/ANA/2017

Prestação de Serviços nº: 004/2019

ANÁLISE E PROPOSTA DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE, CONSIDERANDO AÇÕES DE REGULARIZAÇÃO E TRANSPOSIÇÃO DE VAZÕES ENTRE BACIAS, APRESENTADAS EM SEU PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS (PRH-VERDE GRANDE)

P6 – Avaliação Conjunta das Soluções Abordadas e Definição de Cronograma para Implementação

Revisão 02

Dezembro/2020



Equipe Técnica responsável pela elaboração do P6:

Profissional	Cargo na Equipe	Assinatura
Eng. Sidnei Gusmão Agra	Coordenador Geral	
Eng. Henrique Bender Kotzian	Hidrólogo	
Eng. Carlos Ronei Bortoli	Especialista em Recursos Hídricos	
Eng. Bruna Serafini Paiva	Apoio à Coordenação	
Eng. Patrícia L. Cardoso	Gestão de Projetos	
Geog. Isabel Cristiane Rekowsky	SIG	
Neomar Fraga de Oliveira	Auxiliar Administrativo	
Vinícius Bogo	Auxiliar Administrativo	
Christian S. Cunha	Técnico	

Revisão	Data	Descrição Breve	Autor	Supervisão	Aprovação
02	03/12/2020	Atendimento às solicitações Leonardo Mitre	HK	CB	SA
01	30/11/2020	Atendimento às solicitações Leonardo Mitre, ANA e IGAM	HK	CB	SA
00	19/10/2020	Entrega inicial	HK	CB	SA

ANÁLISE E PROPOSTA DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE, CONSIDERANDO AÇÕES DE REGULARIZAÇÃO E TRANSPOSIÇÃO DE VAZÕES ENTRE BACIAS, APRESENTADAS EM SEU PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS (PRH-VERDE GRANDE)

P6 – Avaliação Conjunta das Soluções Abordadas e Definição de Cronograma para Implementação

Elaborado por:
Eng. Henrique B. Kotzian

Supervisionado por:
Eng. Carlos R. Bortoli

Aprovado por:
Eng. Sidnei G. Agra

Revisão:
00

Finalidade:
3

Data:
03/12/2020

Legenda Finalidade: [1] Para Informação [2] Para comentário [3] Para Aprovação



PROFILL ENGENHARIA E AMBIENTE S.A

Av. Iguaçu, 451 – 6º andar

Porto Alegre/RS

Fone: (51) 3211-3944

	Tipo de Documento: Relatório Técnico P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

APRESENTAÇÃO

A PROFILL Engenharia e Ambiente S.A. vem, por meio deste, apresentar a Revisão 02 do **Produto 6: Avaliação Conjunta das Soluções Abordadas e Definição de Cronograma para Implementação**, escopo do Contrato nº 004/2019 Agência Peixe Vivo, referente à **Análise e Proposta da Melhor Alternativa de Incremento da Oferta Hídrica na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, considerando as ações de regularização e transposição de vazões entre bacias, apresentadas em seu plano de recursos hídricos.**

O presente produto tem por base o Plano de Trabalho encaminhado em setembro/2019 à Agência Peixe Vivo e está orientado de modo a atender o Termo de Referência apresentado no Ato Convocatório nº 003/2019 e as orientações resultantes dos contatos com a equipe de acompanhamento da Agência.

Dezembro de 2020

Elaborado por: 	N° da revisão: 02	Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P6_IOH_AvaliaçãoConjunta_REV02	4/155
---	----------------------	---	-------

LISTA DE QUADROS

Quadro 4.1 -Sub-bacias da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande	21
Quadro 5.1 - Indicadores Calculados – Barragens Propostas no PRH Verde Grande (Atividade A5)	26
Quadro 5.2 - Indicadores Convertidos – Barragens Propostas no PRH Verde Grande (Atividade A5)	27
Quadro 5.3 - Indicadores Calculados – Transposições Propostas no PRH Verde Grande (Atividade A6)	28
Quadro 5.4 - Indicadores Convertidos – Transposições Propostas no PRH Verde Grande (Atividade A6)	28
Quadro 5.5 - Indicadores Calculados – Barragens Propostas no Inventário (Atividade A7)	29
Quadro 5.6 - Indicadores Convertidos – Barragens Propostas no Inventário (Atividade A7)	30
Quadro 5.7 - Exemplo de critérios a serem adotados na resolução do problema de análise multicritério para a definição do melhor conjunto de infraestrutura hídrica	33
Quadro 5.8 - Indicadores de Desempenho a serem ponderados para priorização/hierarquização de intervenções	37
Quadro 5.9 - Adaptação da Escala proposta por Saaty	39
Quadro 5.10 - Lista de Convidados para os três eventos relativos à 1ª Oficina.	46
Quadro 5.11 - Respostas para cada Questionamento, por Evento	53
Quadro 5.12 - Ponderadores Obtidos com Base nas Respostas dos Grupos	55
Quadro 5.13 - Compilação de votos e Média dos Três Eventos	56
Quadro 5.14 - Desempenhos Globais dos 14 Barramentos Propostos no PRH Verde Grande – Ponderadores: Compilação de Votos e Média dos Três Eventos	58
Quadro 5.15 - Desempenhos Globais das Duas Transposições Propostas no PRH Verde Grande – Ponderadores: Compilação de Votos e Média dos Três Eventos	59
Quadro 5.16 - Desempenhos Globais dos 13 Barramentos Inventariados – Ponderadores: Compilação de Votos e Média dos Três Eventos	59
Quadro 5.17 - Resultados dos Desempenhos das Intervenções Estudadas	60
Quadro 5.18 - Comparação Direta entre Barramentos	62
Quadro 5.19 - Possibilidades de Priorização Definidas em cada Grupo	65
Quadro 5.20 - Votações para Escolha das Prioridades nos Grupos	65
Quadro 5.21 - Prioridades de Implantação Definidas nos Grupos – Barragens Propostas	65
Quadro 6.1 - Possibilidades de Priorização para os Barramentos Propostos no PRH Verde Grande	74
Quadro 6.2 - Hierarquização dos Demais Barramentos Propostos no PRH Verde Grande	76
Quadro 6.3 - Ponderadores Resultantes da 1ª Oficina – Transposições de Vazões	77
Quadro 6.4 - Cálculo do Desempenho Global – Transposições de Vazões	77
Quadro 6.5 - Desempenhos Globais dos 13 Barramentos Inventariados	78
Quadro 6.6 - Análise de Sensibilidade – Comparação de Resultados para os Barramentos Água Limpa e Suçupara	82
Quadro 7.1 - Resumo dos potenciais benefícios trazidos por cada intervenção, ou conjunto delas, no incremento da oferta hídrica da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande no cenário futuro (2040) .	123
Quadro 8.1 - Cronograma de Implantação do Barramento Água Limpa	126
Quadro 8.2 - Cronograma de Implantação do Barramento Sítio Novo	127

Quadro 8.3 - Cronograma de Implantação do Barramento São Domingos.....	128
Quadro 8.4 - Cronograma de Implantação do Barramento Suçuapara	129
Quadro 8.5 - Cronograma Integrado de Implantação dos Barramentos Selecionados.....	131
Quadro 8.6 - Valores Financeiros Associados à Implantação dos Barramentos Selecionados.....	132
Quadro 8.7 - Cronograma de Implantação da Transposição Jaíba.....	135
Quadro 8.8 - - Cronograma de Implantação da Transposição Congonhas-Juramento.....	136
Quadro 8.9 - Valores Financeiros Associados à Implantação das Transposições de Vazões	138
Quadro 8.10 - Cronograma de Atividades para os Barramentos Selecionados no Inventário.....	139
Quadro 8.11 - Cronologia Propositiva Combinada para Implementação das Intervenções.....	140

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Organograma da Agência Peixe Vivo.....	16
Figura 2.2 – Organograma da Diretoria Executiva da Agência Peixe Vivo	16
Figura 2.3 – Organograma da Plenária do CBH Verde Grande	17
Figura 5.1 – Esquema representativo da resolução de um problema de análise multicritério	33
Figura 5.2 – Cálculo exemplificativo da matriz de <i>Saaty</i>	40
Figura 5.3 – Esquema que ilustra a representação da aptidão de uma variável de acordo com uma função linear.....	40
Figura 5.4 – Logo da plataforma virtual a ser utilizada nos eventos.....	51
Figura 5.5 – Mapa de Localização dos Barramentos	63
Figura 5.6 – Mapa de Intensidade de Demandas (fonte: Nota Técnica 1)	64
Figura 5.7 – Sistema Ibiaí – Montes Claros	69
Figura 6.1 – Vazões médias mensais geradas pelo modelo MGB plotadas contra aquelas do mesmo local, reconstituídas e disponibilizadas, da estação Bom Jardim.....	81
Figura 7.1 – Condutividades hidráulicas estimadas através da expressão de Dupuit & Forchheimer. 85	
Figura 7.2 – Rebaixamento dos poços para a vazão estabilizada dos testes de bombeamento. Observa-se que uma quantidade significativa de poços apresenta vazões elevadas para rebaixamentos pequenos ou nulos.	86
Figura 7.3 – Retirada de água das drenagens superficiais a partir do bombeamento subterrâneo (Qd), expressa na forma de percentual das vazões de bombeamento dos poços (Qt).	87
Figura 7.4 – Distribuição dos consumos com captações subterrâneas com possível interferência na rede de drenagem mais próxima.....	88
Figura 7.5 – Distribuição dos consumos com captações superficiais.....	90
Figura 7.6 – Balanço hídrico no cenário atual - 2018 (a) e no cenário futuro - 2040 (b).....	92
Figura 7.7 – IEHs nos subtrechos onde ocorrem modificações do cenário futuro sem intervenções e o com a inclusão da barragem Água Limpa.....	94
Figura 7.8 – Índices de Estresse Hídricos no cenário futuro sem intervenções(a), no cenário com a inclusão de Água Limpa (b); e diferenças entre os dois cenários (c).	95
Figura 7.9 – Índices de Estresse Hídricos no cenário futuro sem intervenções(a), no cenário com a inclusão de São Domingos (b); e diferença entre as vazões remanescentes nos dois cenários (c). ...	97
Figura 7.10 – IEHs nos subtrechos onde ocorrem modificações do cenário futuro sem intervenções e o com a inclusão da barragem Sítio Limpo.....	99

Figura 7.11 – Índices de Estresse Hídricos no cenário futuro sem intervenções(a), no cenário com a inclusão de Sítio Novo (b); e diferenças entre os dois cenários (c).....	100
Figura 7.12 – IEHs nos subtrechos onde ocorrem modificações do cenário futuro sem intervenções e o com a inclusão da barragem Suçuapara.	101
Figura 7.13 – Índices de Estresse Hídricos no cenário futuro sem intervenções(a), no cenário com a inclusão de Suçuapara (b); e diferença entre as vazões remanescentes nos dois cenários (c).....	102
Figura 7.14 – IEHs nos subtrechos onde ocorrem modificações do cenário futuro sem intervenções e o com a inclusão das quatro barragens: Água Limpa, São Domingos, Sítio Novo e Suçuapara.....	104
Figura 7.15 – Índices de Estresse Hídricos no cenário futuro sem intervenções(a), no cenário com a inclusão dos quatro barramentos (b); e diferença entre as vazões remanescentes nos dois cenários (b).	105
Figura 7.16 – IEHs nos subtrechos onde ocorrem modificações do cenário futuro sem intervenções e o com a inclusão dos dez barramentos selecionados.	107
Figura 7.17 – Índices de Estresse Hídricos no cenário futuro sem intervenções(a), no cenário com a inclusão de todos barramentos selecionados (b); e diferença entre as vazões remanescentes nos dois cenários (c).....	108
Figura 7.18 – Índices de Estresse Hídricos no cenário futuro sem intervenções(a), no cenário com o aumento do lançamento de Montes Claros em virtude da maior captação devido à transposição Congonhas-Juramento (b); e diferença entre as vazões remanescentes nos dois cenários (c).....	110
Figura 7.19 – IEHs nos subtrechos onde ocorrem modificações do cenário futuro sem intervenções e o com a inclusão da transposição Congonhas-Juramento.	111
Figura 7.20 – IEHs nos subtrechos onde ocorrem modificações do cenário futuro sem intervenções e o com a inclusão da transposição Jaíba.	113
Figura 7.21 – Índices de Estresse Hídricos no cenário futuro sem intervenções (a), no cenário com a inclusão dos pontos de lançamento da transposição Jaíba (b); e diferença entre as vazões remanescentes nos dois cenários (c).	114
Figura 7.22 – IEHs nos subtrechos onde ocorrem modificações do cenário futuro sem intervenções e o com a inclusão da transposição Jaíba e Congonhas-Juramento simultaneamente.....	115
Figura 7.23 – Índices de Estresse Hídricos no cenário futuro sem intervenções(a), no cenário com as transposições Jaíba e Congonhas-Juramento simultaneamente (b); e diferença entre as vazões remanescentes nos dois cenários (c).	116
Figura 7.24 – Índices de Estresse Hídricos no cenário futuro sem intervenções (a), no cenário com as transposições e as barragens selecionadas do PRH (b); e diferença entre as vazões remanescentes nos dois cenários (c).	118
Figura 7.25 – IEHs nos subtrechos onde ocorrem modificações do cenário futuro sem intervenções e o com a inclusão simultânea das 4 barragens selecionadas do PRH e das transposições Jaíba e Congonhas-Juramento.....	119
Figura 7.26 – IEHs nos subtrechos onde ocorrem modificações do cenário futuro sem intervenções e o no cenário com as transposições e todas as barragens selecionadas simultaneamente.	120
Figura 7.27 – Índices de Estresse Hídricos no cenário futuro sem intervenções (a), no cenário com as transposições e todas as barragens selecionadas (b); e diferença entre as vazões remanescentes nos dois cenários (c).	121
Figura 9.1 – Profundidade do Nível de Água nos Aquíferos como Indicativo de Fluxo de Água.	153

	<p>Tipo de Documento: Relatório Técnico</p> <p>P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO</p>	
<p>ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE</p>		

LISTA DE MAPAS

Mapa 4.1 – Divisão das Sub-bacias que compõem a Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande	22
Mapa 5.1 – Mapa Geológico da Margem Esquerda do Rio Verde Grande (fonte: CPRM/ANA)	71
Mapa 9.1 – Soleiras Vertentes na calha do rio Verde Grande.	148

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 CONTEXTUALIZAÇÃO.....	15
2.1 Agência Peixe Vivo	15
2.2 Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande	17
2.3 Fonte de Financiamento do Projeto	17
3 OBJETIVOS.....	19
4 INFORMAÇÕES BÁSICAS UTILIZADAS E FONTES CONSULTADAS.....	20
4.1 A Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande e suas Sub-bacias	20
4.2 Fontes Consultadas	23
5 METODOLOGIA E RESULTADOS DA AVALIAÇÃO CONJUNTA COM VISTAS À PRIORIZAÇÃO DAS SOLUÇÕES ABORDADAS	24
5.1 Preparação dos Indicadores de Desempenho.....	24
5.2 Primeira Oficina – Incremento de Oferta Hídrica (IOH) Verde Grande	31
5.2.1 Adaptação da proposta metodológica para realização em ambiente virtual..	31
5.2.2 Proposta metodológica	31
5.2.3 Realização da Primeira Oficina	51
5.2.4 Resultados da Primeira Oficina	53
5.3 2ª Oficina – Incremento de Oferta Hídrica (IOH) Verde Grande.....	57
5.4 Contribuições Técnicas Recebidas Durante as Oficinas	66
5.4.1 Sistema de Abastecimento de Água Ibiaí – Montes Claros	66
5.4.2 Mapa Geológico da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande (CPRM/ANA)	69
6 SELEÇÃO E HIERARQUIZAÇÃO DAS INTERVENÇÕES	72
6.1 Barramentos Propostos no Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande	73
6.2 Transposições de Vazões Propostas no Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande	76
6.3 Inventário de Novos Locais de Barramentos	78
6.4 Análise de Sensibilidade – Barramentos Propostos	79
7 BALANÇO HÍDRICO DAS INTERVENÇÕES SELECIONADAS	83
7.1 Elaboração do cenário atual e futuro	83
7.1.1 Captações Subterrâneas	84
7.1.2 Captações Superficiais	89
7.2 Resultados das cenas atual e futura sem intervenções	90
7.3 Barramentos Seleccionados e Hierarquizados.....	92
7.3.1 Barragem Água Limpa.....	92
7.3.2 Barragem São Domingos	96

7.3.3	Barragem Sítio Novo	98
7.3.4	Barragem Suçuapara.....	101
7.3.5	Quatro barramentos.....	103
7.3.6	Todos os barramentos.....	106
7.4	Transposições de Vazões Seleccionadas e Hierarquizadas.....	109
7.4.1	Transposição Congonhas-Juramento	109
7.4.2	Transposição Jaíba	111
7.4.3	Ambas Transposições	115
7.5	Situação Conjunta (Barramentos e Transposições)	117
7.5.1	Transposições e barragens seleccionadas do PRH	117
7.5.2	Transposições e todas as barragens seleccionadas	119
7.6	Considerações sobre os resultados.....	122
8	CRONOGRAMA DE IMPLANTAÇÃO DAS INTERVENÇÕES SELECIONADAS E PRIORIZADAS.....	124
8.1	Barramentos Propostos no PRH Verde Grande – Seleccionados e Priorizados 124	
8.2	Transposições de Vazões Seleccionadas	132
8.3	Inventário de Novos Locais de Barramentos	138
8.4	Situação Conjunta (Barramentos e Transposições)	139
9	SOLEIRAS VERTENTES	141
10	APRESENTAÇÃO DO P6 PARA A CÂMARA TÉCNICA DO CBH-VERDE GRANDE 156	
11	CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	158
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	160
	APÊNDICES.....	161

LISTA DE SIGLAS

A: Atividade

AGB Peixe Vivo: Associação Executiva de apoio a Gestão de Bacias Hidrográficas Peixe Vivo

AHP: *Analytical Hierarchic Process*

ANA: Agência Nacional de Águas

CBH Verde Grande: Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande

CERTO: Certificado de Avaliação de Sustentabilidade da Obra Hídrica

COPASA: Companhia de Saneamento de Minas Gerais

CPRM: Serviço Geológico do Brasil

Codevasf: Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba

CTC: Câmara Técnica Consultiva

CNARH40: Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos

DIG: Distrito de Irrigação do Perímetro de Gorutuba

DIJ: Distrito de Irrigação Jaíba

DNOCS: Departamento Nacional de Obras Contra as Secas

IBAMA: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

ICMBio: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

IEH: índice de Estresse Hídrico

IGAM: Instituto Mineiro de Gestão das Águas

IOH: Incremento da Oferta Hídrica

MAUT: Análise de Utilidade de Vários Atributos

MAVT: Teoria de Valores Multi-atributo

MCDA: *Multicriteria Decision Aid*

MDE: Modelo Digital de Elevação

MGB: Modelo Hidrológico de Grandes Bacias

MR: Marco Regulatórios

NT: Nota Técnica

AHP: Processo hierárquico analítico

P: Produto

PTE: Plano de Trabalho Específico

PRH - Verde Grande: Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande

SEMAD: Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

	<p>Tipo de Documento: Relatório Técnico</p> <p>P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO</p>	
<p>ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE</p>		

SIG: Sistema de Informações Geográficas

SRTM *Shuttle Radar Topography Mission*

WARM-GIS: *Water Resources Management GIS Integrated Tools*

<p>Elaborado por:</p> 	<p>Nº da revisão: 02</p>	<p>Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P6_IOH_AvaliaçãoConjunta_REV02</p>	<p>12 /155</p>
---	------------------------------	---	--------------------

	<p>Tipo de Documento: Relatório Técnico</p> <p>P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO</p>	
<p>ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE</p>		

1 INTRODUÇÃO

O Produto 6 (P6) apresenta os resultados das Atividades 8 e 9: Avaliação Conjunta das Soluções Abordadas e Definição de Cronogramas para Implantação das Obras, respectivamente, previstas no estudo denominado de “*Análise e Proposta da Melhor Alternativa de Incremento da Oferta Hídrica (IOH) na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, considerando Ações de Regularização e Transposição de Vazões entre Bacias, apresentadas em seu Plano de Recursos Hídricos (PRH-Verde Grande)*”, objeto de contratação através do Ato Convocatório Nº 003/2019 e seu respectivo contrato de prestação de serviços nº 004/2019, firmado entre a PROFILL e a Agência Peixe Vivo.

Dessa forma, o P6 está estruturado em dez capítulos, incluindo esta introdução, além das Referências Bibliográficas e os Apêndices. O segundo capítulo traz uma apresentação do contexto do contrato, com a descrição da Agência Peixe Vivo, do Comitê de Bacia Hidrográfica do Verde Grande e das fontes de financiamento do projeto, visando atender as premissas do Termo de Referência. Em seguida, o terceiro capítulo apresenta os objetivos das Atividades 8 e 9, cujos resultados alcançados são apresentados neste produto.

No capítulo 4, são apresentadas informações gerais sobre a Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande e das suas sub-bacias. Em seguida, são apresentadas as informações básicas utilizadas e as fontes consultadas. A metodologia geral utilizada para a elaboração dos estudos é apresentada no capítulo 5, sendo complementada, nos capítulos posteriores, conforme suas especificidades.

No capítulo 5 é descrita a metodologia e são apresentados os resultados da avaliação conjunta com vistas à priorização das soluções abordada. São apresentadas a preparação dos indicadores de desempenho, a dinâmica e os resultados obtidos na primeira e segunda oficinas de trabalho, bem como as contribuições técnicas recebidas durante esses eventos.

Por sua vez, no capítulo 6, é apresentado o processo de seleção e priorização das intervenções a serem implementadas na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, com vistas ao incremento da oferta hídrica, objetivo principal deste estudo, o qual foi alicerçado na determinação de indicadores de desempenho, na construção participativa de ponderadores e na aplicação de dinâmica para consolidar os resultados alcançados.

<p>Elaborado por:</p> 	<p>Nº da revisão: 02</p>	<p>Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P6_IOH_AvaliaçãoConjunta_REV02</p>	<p>13 /155</p>
---	------------------------------	---	--------------------

O capítulo 7 contempla os resultados obtidos após a realização do balanço hídrico com todas as intervenções selecionadas. Foram analisados os cenários atual e futuros de balanço hídrico, através do uso do sistema de suporte à decisão WARM-GIS Tools.

No capítulo 8 são apresentados os resultados da Atividade A9 que consiste na “Definição dos Cronogramas de Implantação das Obras”, abrangendo não apenas “obras”, mas sim “intervenções”, as quais consideram todos os esforços, estudos e, inclusive, obras necessárias à implementação das ações selecionadas e priorizadas nas atividades anteriores.

O capítulo 9 apresenta, conforme acordo com o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, uma análise técnica preliminar sobre as chamadas “Soleiras Vertentes”.

Por sua vez, no capítulo 10 consta a memória da apresentação dos resultados deste produto (Produto 6) para a Câmara Técnica do CBH-Verde Grande, realizada no dia 25 de novembro de 2020. No capítulo 11 são apresentadas as conclusões e considerações finais. Por fim, são apresentados as Referências Bibliográficas e os Apêndices.

Dentre os apêndices dois merecem destaque, e estão numerados com Apêndice 5 e Apêndice 6. O primeiro corresponde a Nota Técnica 01, proposta no Plano de Trabalho, e elaborada antes dos Produtos 3, 4 e 5, corresponde aos Estudos de Disponibilidade Hídrica, através de modelagem chuva-vazão, com aplicação do modelo MGB.

O Apêndice 6 corresponde parcialmente a Nota Técnica 02, referente a Metodologia dos Sistemas de Suporte a Decisão para seleção de alternativas e Balanço Hídrico, elaborada após os três produtos referidos acima. Parte do conteúdo da NT-02, sobre a metodologia para seleção de alternativas está apresentada no Capítulo 6, e a parte referente ao balanço hídrico está apresentada no Capítulo 7. Ainda assim, no Apêndice 6 é apresentada a descrição do modelo WARM-GIS Tools.

2 CONTEXTUALIZAÇÃO

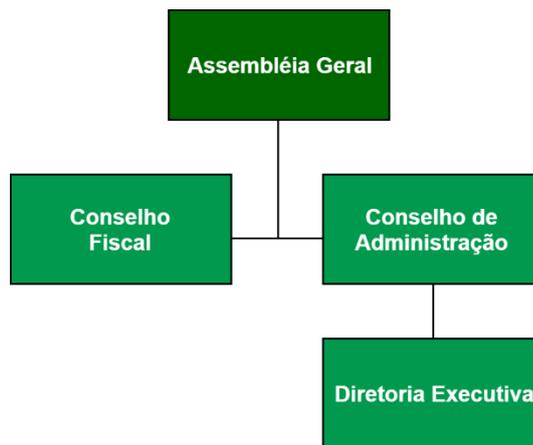
Neste item são apresentadas informações referentes à Agência Peixe Vivo, responsável pela fiscalização do contrato, ao Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande (CBH Verde Grande), bem como da fonte de financiamento do Projeto em questão.

2.1 Agência Peixe Vivo

A Agência Peixe Vivo é uma associação civil, pessoa jurídica de direito privado, composta por empresas usuárias de recursos hídricos e organizações da sociedade civil, tendo como objetivo a execução da Política de Recursos Hídricos deliberada pelos Comitês de Bacia Hidrográfica. Criada em 15 de setembro de 2006, foi indicada no ano de 2015 à Agência de Águas do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande através de suas deliberações nº 54/2015 e 56/2016. Esta indicação do CBH Verde Grande foi aprovada pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos através de sua resolução nº 187/2016 (AGB Peixe Vivo, 2019).

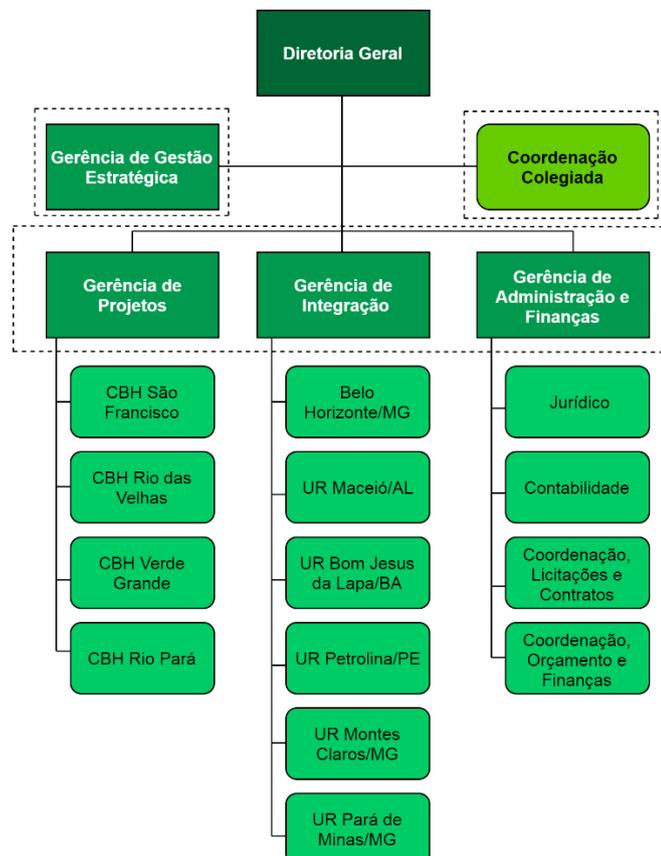
Após negociações e trâmites necessários o Contrato de Gestão nº 083/2017 foi assinado, no dia 29 de dezembro de 2017, entre a Agência Nacional de Águas (ANA) e a Agência Peixe Vivo, com a interveniência do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, para o exercício de funções de agência de água da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande. O referido Contrato tem prazo de vigência até 31 de dezembro de 2020, podendo ser prorrogado mediante celebração de termo aditivo específico (AGB Peixe Vivo, 2019).

Com relação à estrutura da AGB Peixe Vivo, de acordo com a Figura 2.1, é composta por quatro setores a saber: (i) Assembleia Geral, órgão soberano da Agência Peixe Vivo, constituída por empresas usuárias de recursos hídricos e organizações da sociedade civil; (ii) Conselho Fiscal, órgão fiscalizador e auxiliar da Assembleia Geral, do Conselho de Administração e da Diretoria Executiva da Agência Peixe Vivo; (iii) Conselho de Administração, órgão de deliberação superior da Agência Peixe Vivo define as linhas gerais das políticas, diretrizes e estratégias, orientando a Diretoria Executiva no cumprimento de suas atribuições; e (iv) Diretoria Executiva, órgão executor das ações da Agência Peixe Vivo.



Fonte: Adaptado de Agência Peixe Vivo (2019)
 Figura 2.1 – Organograma da Agência Peixe Vivo

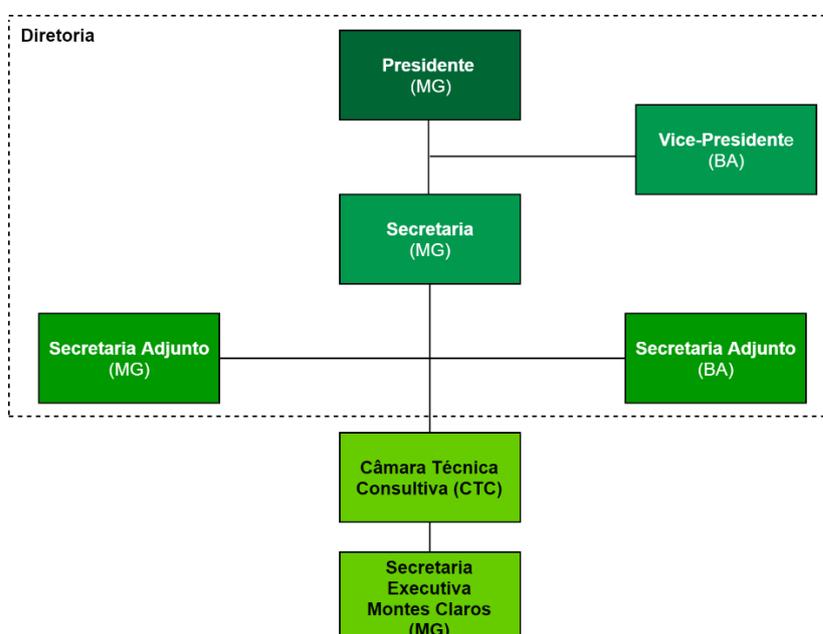
Complementarmente, a Figura 2.2 apresenta a estrutura da Diretoria Executiva da Agência Peixe Vivo.



Fonte: Adaptado de Agência Peixe Vivo (2019)
 Figura 2.2 – Organograma da Diretoria Executiva da Agência Peixe Vivo

2.2 Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande

O CBH Verde Grande foi criado através do Decreto de 3 de dezembro de 2003 o qual é composto por 80 membros, representantes da União, dos Estados de Minas Gerais e da Bahia, dos municípios, dos usuários das águas de sua área de atuação e das entidades civis de recursos hídricos com atuação comprovada na bacia (Figura 2.3). O referido Comitê possui uma Câmara Técnica Consultiva (CTC), criada através da Deliberação nº 28/2009, composta por 20 (vinte) membros, indicados pelos representantes titulares que compõem o CBH-Verde Grande. Complementarmente, também fazem parte do Comitê as Comissões Gestoras de Reservatórios, criadas através da Deliberação nº 09/2005 (CBH Verde Grande, 2019).



Fonte: CBH Verde Grande (2019)

Figura 2.3 – Organograma da Plenária do CBH Verde Grande

2.3 Fonte de Financiamento do Projeto

O Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande (PRH – Verde Grande) foi aprovado pelo Comitê através da Deliberação nº 37/2011. O programa de ações do PRH-Verde Grande é composto por quatro componentes, a saber: (i) Gestão de Recursos Hídricos e Comunicação Social; (ii) Racionalização dos Usos e Conservação de Solo e Água; (iii) Incremento da Oferta e Saneamento; (iv) Gestão de Águas Subterrâneas. No âmbito da Componente III do PRH - Incremento da oferta hídrica e saneamento, está previsto o Programa III.2 – Incremento da oferta de água, bem como as Ações III.2.1 – Regularização de vazões e III.2.2 – Transposição de vazão entre bacias.

	<p>Tipo de Documento: Relatório Técnico</p> <p>P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO</p>	
<p>ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE</p>		

Dessa forma, visando possibilitar o atendimento das ações supracitadas, a fonte de financiamento para este Estudo de IOH está prevista no Plano de Trabalho Específico (PTE) do Contrato de Gestão nº 083/2017, firmado entre a Agência Peixe Vivo e a ANA. Portanto o recurso é proveniente da ANA (fonte 0183) e foi repassado à Agência Peixe Vivo.

<p>Elaborado por:</p> 	<p>Nº da revisão: 02</p>	<p>Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P6_IOH_AvaliaçãoConjunta_REV02</p>	<p>18 /155</p>
---	------------------------------	---	--------------------

3 OBJETIVOS

A Avaliação Conjunta das Soluções Abordadas tem por objetivo apresentar uma proposta para o melhor arranjo possível dentre as alternativas estudadas. Consiste na determinação da alternativa mais viável, levando em consideração a viabilidade técnica, econômico-financeira e de interferência socioambiental de cada alternativa. Destaca-se que nesta avaliação é dada preferência às alternativas que proporcionam o maior número de beneficiados pelo incremento da oferta hídrica, evitando-se o favorecimento apenas de grandes produtores, conforme solicitado no Termo de Referência.

Por sua vez, com base no melhor arranjo proposto para as soluções conjuntas, resultado da Atividade 8 e da 2ª Oficina de Trabalho, é definido o cronograma para implantação das intervenções (obras) selecionadas, atendendo à priorização estabelecida. O cronograma tem como objetivo, além de apresentar as datas de início e fim de implantação das obras selecionadas e priorizadas, apresentar os custos estimados, em termos cronológicos.

4 INFORMAÇÕES BÁSICAS UTILIZADAS E FONTES CONSULTADAS

Neste capítulo, são apresentadas, inicialmente, informações gerais da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande e, na sequência, informações utilizadas para o desenvolvimento das Atividades 8 e 9, bem como indicadas as fontes consultadas.

4.1 A Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande e suas Sub-bacias

Conforme o Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande (ANA, 2013), o rio Verde Grande é um importante afluente da margem direita do rio São Francisco que constitui, em parte de seu curso, o limite entre os estados da Bahia e de Minas Gerais. Por esse motivo, assim como seu afluente, o rio Verde Pequeno, é considerado um rio de domínio federal.

Além destes rios principais, a Bacia Hidrográfica do Rio Verde também abrange outros rios de domínio federal, a saber: rio Galheiros, rio Bom Sucesso ou Bela Vista, rio Bom Sucesso e rio Espigão. Dentre os rios de domínio estadual, destacam-se: rio Gorutuba; rio da Água Quente; rio Cana-brava; Ribeirão Boa Vista; Rio do Vieira; rio da Prata; rio Juramento; rio Saracura; Ribeirão Baixa da Mula; Riacho da Macaca; Ribeirão do Poço Triste; Riacho da Mandiroba; Riacho do Aurélio; Córrego Olho-d'água; rio Jacu; Ribeirão Jacu; rio Tabuleiro; rio Serra Branca; Córrego Furado Novo; Córrego Bom Jardim; Córrego Veredas das Águas; Rio Arapoim; Riacho Salobro; Ribeirão do Ouro; rio Suçupara; rio Jacuí; rio Barreiras; rio São Domingos; e rio Quem Quem.

Sua bacia tem área de 31.437,62 km² que abrange oito municípios na Bahia (13% da área total) e 27 municípios em Minas Gerais (87% da área total). O rio Verde Grande tem como principais afluentes os seguintes rios situados na margem direita: o rio Gorutuba (área de drenagem de 9.855,49 km²), que é de domínio estadual (de Minas Gerais), e o rio Verde Pequeno (área de drenagem de 5.303,34 km²), que forma a divisa estadual entre Minas Gerais e Bahia, constituindo, também, um rio de domínio federal.

Para avaliação dos resultados das demandas, a bacia foi dividida em oito sub-bacias, conforme descrito no Quadro 4.1 e ilustrado no Mapa 4.1.

Quadro 4.1 -Sub-bacias da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande

Sub-bacia	Área	
	km ²	%
Alto Verde Grande	3.102,14	9,87
Médio Verde Grande - Trecho Alto	7.107,87	22,61
Alto Gorutuba	2.134,34	6,79
Médio e Baixo Gorutuba	7.721,15	24,56
Médio Verde Grande - Trecho Baixo	3.161,27	10,06
Alto Verde Pequeno	2.907,51	9,25
Baixo Verde Pequeno	3.369,23	10,72
Baixo Verde Grande	1.934,11	6,15
Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande	31.437,62	100,00

Fonte: Profill, 2019. Relatório P2: Estudo da Demanda Hídrica.

Mapa 4.1 – Divisão das Sub-bacias que compõem a Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande

- Legenda**
-  Sede Municipal
 -  Hidrografia
 -  Rios principais
 -  Limite Municipal
 -  Limite Estadual
 -  Limite da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande

- Sub-Bacia**
-  Alto Verde Grande
 -  Médio Verde Grande - Trecho Alto
 -  Alto Gorutuba
 -  Médio e Baixo Gorutuba
 -  Médio Verde Grande - Trecho Baixo
 -  Alto Verde Pequeno
 -  Baixo Verde Pequeno
 -  Baixo Verde Grande

Localização



Informações

Fonte de dados:
 - Sede municipal: IBGE, 2017
 - Limite municipal: IBGE, 2017
 - Limite estadual: IBGE, 2017
 - Hidrografia: ANA, 2017 (BHO 5k)
 - Limite da Bacia do Verde Grande: ANA, 2013
 - Limite das Sub-bacias: ANA, 2013

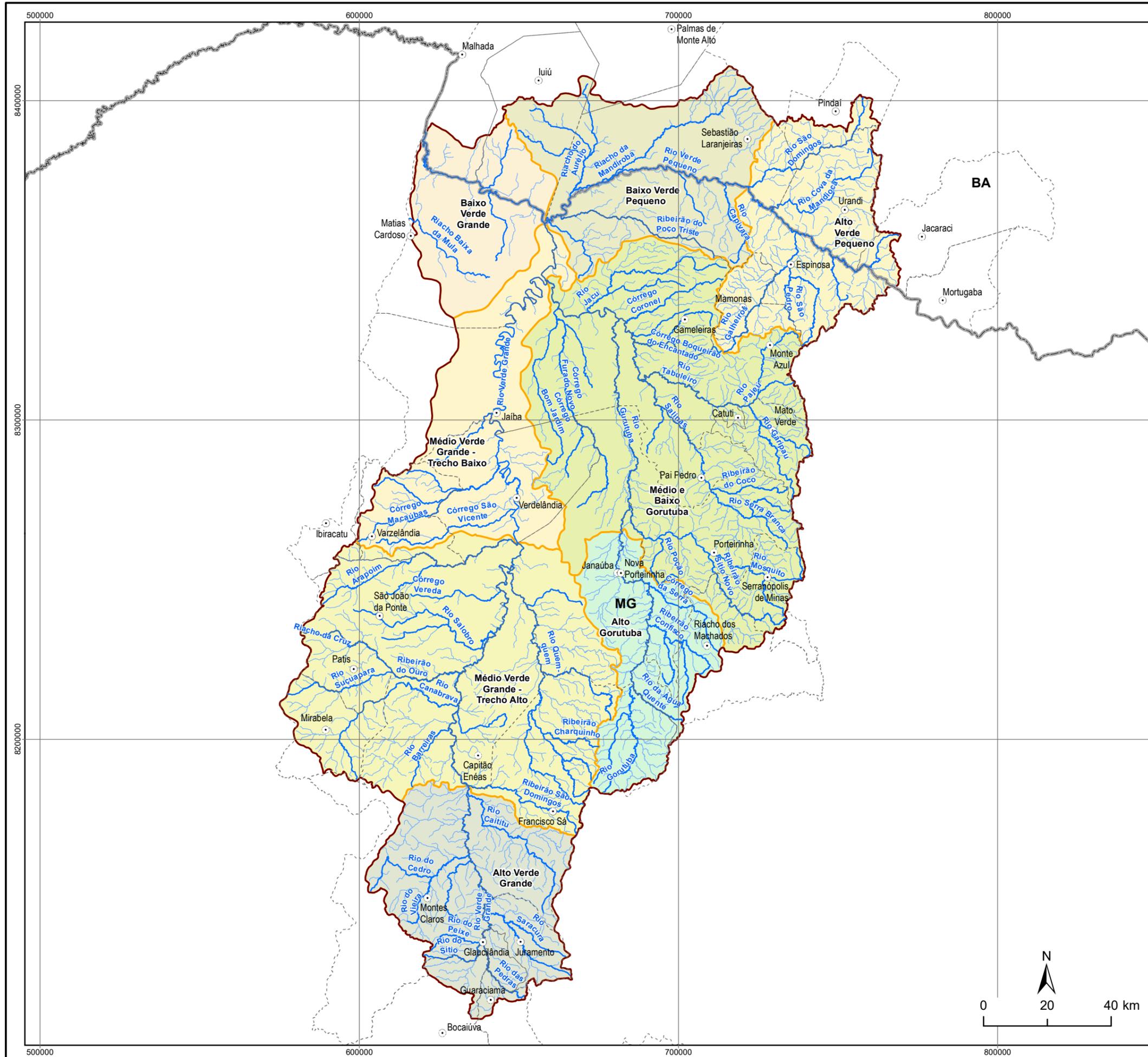
Sistema de Coordenadas UTM
 Datum SIRGAS2000
 Zona 23S
 Escala: 1:1.200.000

Dados do Projeto

Análise e proposta da melhor alternativa de **INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE** considerando ações de regularização e transposição de vazões entre bacias, apresentadas em seu Plano de Recursos Hídricos (PRH-Verde Grande)

P6 - Avaliação Conjunta das Soluções Abordadas e Definição de Cronograma para Implementação

Execução técnica Acompanhamento Realização



4.2 Fontes Consultadas

A base de informações utilizada para a avaliação conjunta das soluções abordadas consistiu nos resultados técnicos gerados pelas atividades precedentes, a saber: Atividades A5 – Avaliação do Incremento de Oferta Hídrica – Reservatórios Propostos (relatório P3); A6 – Avaliação do Incremento de Oferta Hídrica – Transposição de Vazões Propostas (relatório P4); e A7 – Inventário de Novos Locais de Barramento (relatório P5). Também foram considerados os resultados das duas Oficinas realizadas, com o objetivo de realizar dinâmica com os atores da bacia com vistas à hierarquização das intervenções estudadas. Os resultados dessas duas Oficinas são apresentados no capítulo a seguir.

Especificamente para a análise preliminar das Soleiras Vertentes, foram utilizadas as seguintes referências técnicas, bem como estudos específicos desenvolvidos no âmbito da presente atividade (por exemplo, comportamento hidrogeológico): Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande (ANA, 2013); e Marco Regulatório estabelecendo as novas condições de uso dos recursos hídricos no rio Verde Grande (Resolução Conjunta ANA/SEMAD-MG/IGAM-MG Nº 52/2018 e Notas Técnicas ANA nº 10/2018 e nº 36/2018).

5 METODOLOGIA E RESULTADOS DA AVALIAÇÃO CONJUNTA COM VISTAS À PRIORIZAÇÃO DAS SOLUÇÕES ABORDADAS

A Atividade 8 – Avaliação Conjunta das Soluções Abordadas tem por objetivo avaliar, de forma conjunta, todas as soluções de engenharia estudadas nas atividades anteriores: Atividade 5 – Avaliação do Incremento da Oferta Hídrica para os Reservatórios Propostos no PRH Verde Grande; Atividade 6 - Avaliação do Incremento da Oferta Hídrica para as Transposições Propostas no PRH Verde Grande; e Atividade 7 – Inventário de Novos Locais de Barramentos. Essa avaliação conjunta objetiva selecionar e priorizar aquelas intervenções com melhores condições de viabilidade, com vistas ao incremento da oferta hídrica na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande.

A base de partida da Atividade 8 reside, assim, nos resultados das três atividades precedentes. Nessas atividades, foram estudadas barragens e transposições e definidos e calculados indicadores de desempenho, com vistas a possibilitar a comparação entre alternativas.

A partir desses indicadores foi proposta uma metodologia específica para determinar os ponderadores de cada indicador com base na percepção e participação dos atores atuantes na questão dos recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande. Para tanto, foi aplicada a Matriz de *Saaty*, conforme aborda-se mais adiante.

A implementação do modelo multicritério de suporte à decisão foi realizada através da realização de duas Oficinas que contaram com a participação de atores estratégicos relativamente aos recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande. Face ao momento atual de pandemia de Covid-19 e de restrições à circulação e necessidade de distanciamento social, tais Oficinas foram realizadas, após acordo com a AGPV e o Comitê Verde Grande, em ambiente virtual. Face à quantidade de participantes convidados e objetivando permitir a efetiva participação de todos no ambiente virtual, a 1ª Oficina foi realizada em três momentos distintos, enquanto a 2ª Oficina foi realizada em dois momentos.

5.1 Preparação dos Indicadores de Desempenho

Previamente à realização das Oficinas, foi realizado tratamento matemático nos indicadores calculados para cada intervenção, buscando transformá-los de valores “brutos” (diretamente obtidos das grandezas físicas consideradas) em valores escalares, ou seja, objetivando associar a cada indicador um valor contido dentro de intervalo numérico padronizado. A escala adotada neste procedimento foi a seguinte: para o

indicador com melhor desempenho associar a nota 100, para o indicador com pior desempenho a nota 30, enquanto para os demais as notas foram calculadas proporcionalmente, de forma linear, entre os extremos considerados. No caso de indicadores que não possuem valores numéricos, mas sim escalas moduladas (tipo Alto, Médio e Baixo), foi adotada segmentação numérica do tipo 100, 65 e 30, visando estabelecer intervalos equivalentes entre cada classe.

O Quadro 5.1 apresenta os valores brutos calculados para os indicadores das barragens propostas no PRH Verde Grande (resultado da Atividade A5), enquanto no Quadro 5.2 são apresentados os valores já convertidos para a escala 30-100. Da mesma forma, o Quadro 5.3 apresenta os valores brutos para os indicadores das transposições (resultado da Atividade A6), enquanto o Quadro 5.4 apresenta os valores convertidos para a escala adotada. Também o Quadro 5.5 apresenta os indicadores “brutos” das barragens propostas no inventário (resultado da Atividade A7), enquanto o Quadro 5.6 apresenta os valores já convertidos. Os valores convertidos apresentados nos respectivos quadros encontram-se arredondados, no entanto, para fins de cálculos posteriores com vistas a determinar os escores globais, foram considerados os valores numéricos com duas casas decimais.

Quadro 5.1 - Indicadores Calculados – Barragens Propostas no PRH Verde Grande (Atividade A5)

Barragem	Técnicos							Financeiros		Sociais		Ambiental Supressão Área Vegetada	Segurança	
	Q incr	Área Alag. / Q incr	Vol. Acum. / Q incr	Vol. Mac. / Q incr	Qincr / Qnat	Vol. Acum. / Área Alag.	Vol. Acum. / Vol. Mac.	Custo / Q incr	Custo / Vol. Acum.	Atendimento Demandas	Impactos Área Alagada		Equiv. Risco	Equiv. DPA
Peixe	0,068	1.912	147.058.824	8.807.824	4,53	76.923,1	16,7	990,25	6,73	M	M	M	A	A
Sítio	0,069	2.101	185.507.246	10.441.087	4,60	88.275,9	17,8	1.172,89	6,32	M	M	M	A	A
Pedras	0,252	659	25.793.651	663.595	3,71	39.156,6	38,9	77,70	3,01	M	M	M	B	A
Prata	0,086	698	65.116.279	3.104.488	3,91	93.333,3	21,0	349,18	5,36	M	M	M	M	A
Verde	0,301	1.130	59.800.664	2.819.435	1,59	52.941,2	21,2	320,09	5,35	M	A	M	M	A
Canoas	0,159	755	40.880.503	1.049.969	3,31	54.166,7	38,9	121,21	2,96	M	M	M	B	M
Cerrado	0,059	678	70.847.458	790.458	3,93	104.500,0	89,6	1.041,50	14,70	M	A	A	M	A
Tábua	0,137	314	23.357.664	3.512.839	3,11	74.418,6	6,6	392,25	16,79	M	A	M	M	A
Suçupara	0,177	220	24.011.299	228.718	1,54	108.974,4	105,0	301,50	12,56	A	B	A	M	B
Água Limpa	0,248	343	35.483.871	167.452	1,75	103.529,4	211,9	221,83	6,25	A	B	M	M	B
Cocos	0,180	1.250	46.666.667	60.767	9,47	37.333,3	768,0	87,25	1,87	M	A	M	B	A
Sítio Novo	0,456	1.404	105.263.158	2.018.669	8,44	75.000,0	52,1	232,75	2,21	M	M	B	M	M
Mamonas	0,174	1.266	69.032.963	145.706	869,2	54.545,5	473,8	198,82	2,88	MA	A	M	A	M
São Domingos	0,580	1.066	127.157.365	2.834.532	57.999	119.336,6	44,9	321,38	2,53	MA	M	B	A	A

Legenda: B = Baixo; M = Médio; A = Alto; MA = Muito Alto.

Quadro 5.2 - Indicadores Convertidos – Barragens Propostas no PRH Verde Grande (Atividade A5)

Barragem	Técnicos							Financeiros		Sociais		Ambiental Supressão Área Vegetada	Segurança	
	Q incr	Área Alag. / Q incr	Vol. Acum. / Q incr	Vol. Mac. / Q incr	Q incr / Qnat	Vol. Acum. / Área Alag.	Vol. Acum. / Vol. Mac.	Custo / Q incr	Custo / Vol. Acum.	Atendimento Demandas	Impactos Área Alagada		Equiv. Risco	Equiv. DPA
Peixe	31	37	47	41	56	64	32	42	77	65	65	65	30	30
Sítio	31	30	30	30	57	73	32	30	79	65	65	65	30	30
Pedras	56	84	99	96	49	32	35	100	95	65	65	65	100	30
Prata	34	82	82	79	51	78	32	83	84	65	65	65	65	30
Verde	63	66	84	81	30	43	32	85	84	65	30	65	65	30
Canoas	43	80	92	93	46	44	35	97	95	65	65	65	100	65
Cerrado	30	83	80	95	51	87	42	38	40	65	30	30	65	30
Tábua	40	97	100	77	44	62	30	80	30	65	30	65	65	30
Suçupara	46	100	100	99	30	91	45	86	50	100	100	30	65	100
Água Limpa	55	95	95	99	32	87	61	91	79	100	100	65	65	100
Cocos	46	62	90	100	100	30	100	99	100	65	30	65	100	30
Sítio Novo	83	56	65	87	91	62	37	90	98	65	65	100	65	65
Mamonas	45	61	80	99	100	45	100	92	95	100	30	65	30	65
São Domingos	100	69	55	81	100	100	36	84	97	100	65	100	30	30

Quadro 5.3 - Indicadores Calculados – Transposições Propostas no PRH Verde Grande (Atividade A6)

Transposição	Indicador Técnico	Indicador Financeiro	Indicadores Sociais	
	Incremento de Água no PC (%)	Custo m ³ aduzido (R\$/m ³)	Múltiplos Usos	Abrangência Espacial
Congonhas – Juramento	397	0,310**	Maior	Menor
Jaíba	433*	0,247	Menor	Maior

* considerada a soma dos percentuais dos PCs beneficiados.

** valor original acrescido de 8,5% relativo ao aumento da altura manométrica em 9 m (rebaixamento no NA da barragem Congonhas, conforme ajuste do projeto).

Quadro 5.4 - Indicadores Convertidos – Transposições Propostas no PRH Verde Grande (Atividade A6)

Transposição	Indicador Técnico	Indicador Financeiro	Indicadores Sociais	
	Incremento de Água no PC (%)	Custo m ³ aduzido (R\$/m ³)	Múltiplos Usos	Abrangência Espacial
Congonhas – Juramento	92*	80*	100	30
Jaíba	100*	100*	30	100

* proporção direta entre os valores.

Quadro 5.5 - Indicadores Calculados – Barragens Propostas no Inventário (Atividade A7)

Barragem	Técnicos							Financeiros		Social	Segurança
	Q incr	Área Alag. / Q incr	Vol. Acum. / Q incr	Vol. Mac. / Q incr	Q incr / Qnat	Vol. Acum. / Área Alag.	Vol. Acum. / Vol. Mac.	Custo / Q incr	Custo / Vol. Acum.	Atend. Demandas	Equiv. Risco
MEMVG											
Rio Barreiras	0,076	3.212	210	12.845	3,08	65,31	16,33	1.446,66	6,90	Alta	Alto
Rio Salobro	0,197	939	74	5.370	2,90	78,92	13,79	602,36	8,13	Alta	Alto
Córrego Vereda	0,187	3.639	257	3.065	3,11	70,59	83,79	362,48	1,41	Alta	Médio
Rio Arapoim	0,330	789	45	2.487	1,94	57,69	18,29	281,11	6,18	Alta	Médio
Córrego São Vicente	0,108	1.898	148	4.666	2,92	78,05	31,74	529,92	3,58	Alta	Médio
Córrego Macaúbas	0,325	1.475	117	4.855	3,05	79,17	24,06	548,33	4,69	Alta	Alto
MDBMG											
Rio Serra Branca	0,528	2.008	70	1.350	12,56	34,91	51,91	162,06	2,31	Média	Médio
Córrego Furado Sujo	0,128	6.286	219	3.486	14,31	34,78	62,72	425,11	1,94	Média	Médio
Rio Garipau	0,138	1.267	152	7.424	19,97	120,00	20,49	832,56	5,47	Média	Alto
Córrego Boqueirão do Encantado	0,255	1.882	86	2.365	85,20	45,83	36,48	274,10	3,18	Média	Médio
Córrego Coronel	0,073	2.321	227	520	96,18	97,65	435,92	696,33	3,07	Média	Alto
Riacho Piranhas (montante Jacu)	0,070	1.354	81	3.809	84,63	60,00	21,32	431,43	5,31	Média	Baixo
Rio Jacu	0,050	5.271	231	8.725	69,03	43,77	26,45	1.001,16	4,34	Média	Médio

Quadro 5.6 - Indicadores Convertidos – Barragens Propostas no Inventário (Atividade A7)

Barragem	Técnicos							Financeiros		Social	Segurança
	Q incr	Área Alag. / Q incr	Vol. Acum. / Q incr	Vol. Mac. / Q incr	Q incr / Qnat	Vol. Acum. / Área Alag.	Vol. Acum. / Vol. Mac.	Custo / Q incr	Custo / Vol. Acum.	Atend. Demandas	Equiv. Risco
MEMVG											
Rio Barreiras	33,8	30,8	69,1	55,1	45,6	30,0	32,5	30,0	42,9	100	30
Rio Salobro	51,5	30,7	98,1	66,3	90,4	75,5	30,0	76,0	30,0	100	30
Córrego Vereda	50,0	30,9	63,7	59,4	30,0	89,6	100,0	89,1	100,0	100	65
Rio Arapoim	71,0	30,0	100,0	48,8	100,0	93,1	34,5	93,5	50,3	100	65
Córrego São Vicente	38,5	30,7	85,9	65,5	66,0	79,8	47,9	80,0	77,4	100	65
Córrego Macaúbas	70,3	30,8	91,3	66,5	76,3	78,7	40,3	79,0	65,8	100	30
MDBMG											
Rio Serra Branca	100,0	37,9	84,5	30,1	91,7	100,0	68,1	100,0	90,6	65	65
Córrego Furado Sujo	41,4	39,2	30,0	30,0	42,7	87,0	78,9	85,7	94,4	65	65
Rio Garipau	42,9	43,4	93,9	100,0	64,6	63,0	36,7	63,5	57,7	65	30
Córrego Boqueirão do Encantado	60,0	91,8	86,1	39,1	86,4	93,8	52,7	93,9	81,6	65	65
Córrego Coronel	33,4	100,0	80,5	81,6	40,0	100,0	100,0	70,9	82,7	65	30
Riacho Piranhas (montante Jacu)	33,0	91,4	92,8	50,7	88,0	85,0	37,5	85,3	59,4	65	100
Rio Jacu	30,0	79,8	42,9	37,4	38,7	55,1	42,7	54,3	69,5	65	65

	<p>Tipo de Documento: Relatório Técnico</p> <p>P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO</p>	
<p>ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE</p>		

5.2 Primeira Oficina – Incremento de Oferta Hídrica (IOH) Verde Grande

A 1ª Oficina teve por objetivo apresentar os indicadores de desempenho e, a partir deles, definir ponderadores com vistas a possibilitar o cálculo do desempenho global de cada intervenção estudada, permitindo estabelecer, através de comparação, situações de melhor viabilidade combinada que resultassem em maior grau de prioridade em termos de cronologia de implantação.

A realização dessa Oficina foi adequada ao momento atual (de pandemia), resultando em ajustes metodológicos que foram previamente submetidos à Fiscalização do contrato, conforme apresentado a seguir.

5.2.1 Adaptação da proposta metodológica para realização em ambiente virtual

O momento atual pelo qual passa a sociedade brasileira, em razão da pandemia de Covid-19, vem exigindo ajustes ao comportamento social e às formas de trabalho e convivência. Nesse sentido, o andamento dos trabalhos relativos à Análise da Melhor Alternativa de Incremento da Oferta Hídrica da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande também foi impactado, exigindo, para que se mantenha o seu andamento com menores limitações em termos de avanços, adaptação a essa nova realidade.

Como resultado, a Profill e a Agência Peixe Vivo, com a participação direta da Câmara Técnica Consultiva do Comitê do Verde Grande, construíram conjuntamente, uma adaptação à metodologia original proposta para a Primeira Oficina, apresentada na Nota Técnica NT2 - Proposição de SSD e Modelagem do Balanço Hídrico, de fevereiro de 2020.

Essa adaptação pressupõe a realização da Primeira Oficina em ambiente WEB, com a participação ocorrendo virtualmente, através de conexão digital. A seguir são apresentadas as adaptações realizadas para adequar a metodologia originalmente proposta a essa nova modalidade.

5.2.2 Proposta metodológica

Após a conclusão das atividades A5, A6 e A7, que tinham como objetivo avaliar a eficiência dos reservatórios e transposições de vazão propostos no PRH – Verde Grande, no âmbito do incremento de oferta hídrica na bacia, além do inventário de novos locais de barramentos, faz-se necessária a realização da avaliação conjunta das soluções abordadas até o momento.

<p>Elaborado por:</p> 	<p>Nº da revisão: 02</p>	<p>Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P6_IOH_AvaliaçãoConjunta_REV02</p>	<p>31/155</p>
---	------------------------------	---	---------------

Assim, uma vez investigadas as opções possíveis de incremento de oferta hídrica e tendo elas representadas no sistema de suporte à decisão, é possível delimitar um conjunto de cenários e definir a opção mais viável, considerando diversos aspectos, como eficiência técnica, financeiros, sociais, ambientais, entre outros.

A ideia é que sejam estabelecidos diversos cenários, combinando a instalação de barramentos (entre as 14 propostas do PRH Verde Grande e os novos locais identificados no P5) e os dois projetos de transposição. Para isto, foi utilizada uma ferramenta de análise multicritério, que auxilia o processo de tomada de decisão, sintetizando os dados e as informações complexas e multidimensionais (Pompermayer et al., 2007).

O processo de tomada de decisão utilizando análise multicritério pode ser desenvolvido por meio de diversas formas, exemplificando por meio da ordenação de alternativas, seleção ou análise iterativa, dentre outras. Para o presente estudo, foi escolhida uma metodologia de hierarquização de alternativas, em que o decisor procura ordenar elementos de um conjunto de alternativas do “melhor” ao “pior”, ou simplesmente escolher o melhor elemento. Para isso, o decisor identifica vários pontos de vista, dimensões ou critérios que lhe parecem pertinentes. Quando um indicador é construído, definem-se algumas dimensões.

Assim, cada objeto é igualmente caracterizado pelo desempenho sobre cada dimensão e um valor final do indicador é calculado. Em seguida, o valor calculado é utilizado para organizar o conjunto de elementos. A Figura 5.1 apresenta um esquema da forma como um problema de análise multicritério utilizando metodologia de hierarquização é resolvido, adotando-se diferentes critérios e alternativas e definindo-se indicadores para cada conjunto.

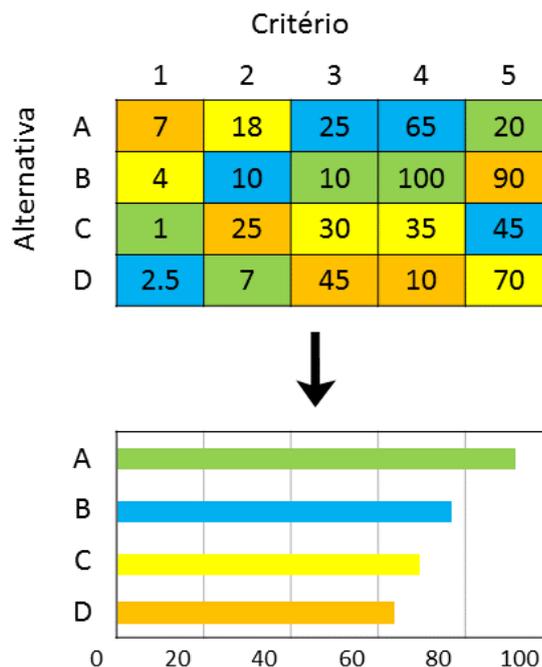


Figura 5.1 – Esquema representativo da resolução de um problema de análise multicritério

Alguns dos métodos de análise multicritério mais conhecidos são: modelagem linear aditiva, processo hierárquico analítico (AHP), superação ou seleção (ex.: ELECTRE e PROMETHEE), Análise de Utilidade de Vários Atributos (MAUT), Teoria de Valores Multi-atributo (MAVT), entre outros. O Quadro 5.7 apresenta um exemplo de um conjunto de critérios que poderiam ser adotados no estabelecimento de uma avaliação multicritério na resolução deste problema de otimização hídrica.

Quadro 5.7 - Exemplo de critérios a serem adotados na resolução do problema de análise multicritério para a definição do melhor conjunto de infraestrutura hídrica

Tipo	Critério	Descrição
Técnico	Vazão incremental, vazão natural, área alagada e volume dos reservatórios	Obtida através da simulação do modelo WARM-GIS
Financeiro	Custo de implantação dos barramentos	Valores revisados e atualizados para o ano base atual
Social	Incremento hídrico, necessidade de água e impacto social da implantação do reservatório	Obtido a partir das demandas hídricas totais na bacia e do impacto (positivo e/ou negativo) gerado nas zonas potencialmente alagáveis
Ambientais	Supressão de áreas vegetadas	Potencial de supressão vegetal causada pelos alagamentos resultantes da formação dos reservatórios
Segurança	Equivalente de Risco (ER) e Dano Potencial Associado (DPA)	Classificações relacionadas ao risco de rompimento do barramento (ER) e aos

Tipo	Critério	Descrição
		danos ocasionados em caso de acidente envolvendo a estrutura (DPA)

Os itens a seguir apresentam detalhes sobre a metodologia proposta para a realização da avaliação conjunta das soluções já apresentadas, referente ao incremento de oferta hídrica na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande. Os efeitos da pandemia de Covid-19, atualmente impactando os hábitos de vida e trabalho da sociedade brasileira, demandaram ajustes com vistas a adaptar a metodologia original proposta (NT-2) a essa nova realidade, basicamente através da realização da 1ª Oficina em ambiente virtual e não presencial (como originalmente previsto).

5.2.2.1 Aspectos gerais

A sequência metodológica originalmente proposta estava baseada em experiências anteriores comprovadas tanto na área de planejamento de recursos hídricos (planos de bacia), quanto diretamente na hierarquização de alternativas infra estruturais. Já o presente ajuste consiste em adaptar a forma de realização da Oficina para o ambiente virtual, ajustando as diversas etapas previstas para o evento, considerando as especificidades que o ambiente virtual possui.

O conceito metodológico geral, preservado, consiste na possibilidade de, através de análise multicritério, comparar diretamente alternativas para fins de verificação das vantagens e desvantagens associadas e realizar uma hierarquização entre elas.

A premissa geral foi obtida através da modelagem hidrológica, assim, partiu-se para a determinação da sequência metodológica adotada, apresentada a seguir:

Etapa A – Definição do Contexto Decisório

Esta etapa do trabalho foi integrada pelas seguintes atividades:

1. Definição de indicadores de viabilidade para fins comparativos entre alternativas de acumulação/regularização de água;
2. Cálculo dos indicadores para cada alternativa;
3. Seleção dos indicadores que irão compor a matriz de comparação;
4. Definição do contexto decisório através da identificação dos atores que participarão do processo social;

- Definição de modelagem multicritério adequada com o objetivo de estabelecer, dentro de um contexto decisório válido, ponderações para os indicadores selecionados.

Etapa B – Resultados da Análise de Incremento de Oferta Hídrica

Esta segunda etapa foi integrada pelas seguintes atividades, cujos resultados e produtos são apresentados a seguir:

- Aplicação da modelagem multicritério no âmbito do contexto decisório;
- Ordenamento das alternativas segundo os indicadores comparativos.

Como resultado da aplicação da metodologia proposta, espera-se obter um ordenamento das alternativas, conforme os indicadores comparativos adotados e os respectivos ponderadores, resultado da Etapa A. Esse índice geral é resultado dos valores obtidos para cada indicador, multiplicados por fatores de ponderação determinados através da aplicação do modelo multicritério no âmbito do contexto decisório.

Exemplificativamente, os ponderadores, para o caso das barragens previstas no Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, foram agrupados em cinco classes: técnico, financeiro, social, ambiental e segurança.

Em termos matemáticos tem-se a seguinte formulação (6.1):

$$IDC = (FPS \cdot ITS) + (FPF \cdot ITF) + (FPT \cdot ITT) + (FPSe \cdot ITSe) + (FPA \cdot ITA) \quad 6.1$$

Onde:

IDC é o Índice de Desempenho Comparativo

FPS é o Fator de Ponderação Social e **ITS** é o Índice da Temática Social;

FPF é o Fator de Ponderação Financeiro e **ITF** é o Índice da Temática Financeira;

FPT é o Fator de Ponderação Técnico e **ITT** é o Índice da Temática Técnica;

FPSe é o Fator de Ponderação da Segurança e **ITSe** é o Índice da Temática Segurança;

FPA é o Fator de Ponderação Ambiental e **ITA** é o Índice da Temática Ambiental;

Por sua vez, os índices temáticos social, financeiro, técnico, ambiental e de segurança foram obtidos a partir da aplicação de ponderação matemática obtida sobre cada indicador específico, com vistas a resultar em um índice geral por natureza.

Todos os indicadores específicos foram determinados diretamente através da avaliação técnica, sendo que o item 5.2.2.2 apresenta o detalhamento destes indicadores. Já os ponderadores foram determinados através da aplicação da modelagem multicritério durante a realização da Oficina. O Índice de Desempenho Comparativo foi determinado para cada alternativa proposta e possibilitou compará-las em termos gerais e específicos (com base nos índices por natureza ou também pelos próprios valores dos indicadores).

5.2.2.2 *Lista de indicadores*

A lista de indicadores considerados conta com 17 indicadores, abrangendo as barragens e as transposições anteriormente estudadas. Na escolha dos indicadores, foram consideradas a capacidade do indicador expressar uma efetiva relação comparativa e a consistência do valor calculado (base das informações consistente e equivalente para todas as alternativas). Também foi considerada a capacidade do indicador em expressar situações ou grandezas com significado físico quantificável e compreensível.

A quantidade de indicadores definidos e a necessidade de análise comparativa cruzada entre eles (por combinação dois a dois) resultou em considerável quantidade de análises comparativas (37). Significa dizer que os participantes deveriam responder 37 perguntas comparativas, o que resultaria em esforço e tempo considerados excessivos à natureza do evento. Essa questão se tornou mais crítica ao se considerar a realização da Oficina em ambiente virtual, com maiores restrições quanto ao contato entre os participantes e que, por sua própria natureza, torna o evento em si mais cansativo.

Assim, considerando o contexto vinculado à Oficina e objetivando adequar a dinâmica ao ambiente virtual optou-se por agrupar os indicadores em grupos com afinidades temáticas, o que reduziu o número de perguntas a uma quantidade considerada adequada à Oficina.

Conforme apresentado no Quadro 5.8 os indicadores de cada tema foram agrupados por afinidade e o Sistema de Suporte à Decisão (apresentado no item a seguir) trabalhou realizando perguntas cruzadas entre esses grupos, reduzindo a quantidade de perguntas para 19, número considerado adequado à dinâmica proposta para Oficina. No referido quadro são apresentados, então, os indicadores, estruturados conforme suas naturezas e divididos em grupos por afinidades, além das grandezas e unidades consideradas para cada caso.

Quadro 5.8 - Indicadores de Desempenho a serem ponderados para priorização/hierarquização de intervenções

Atividade	Código	Natureza	Indicador	Grandeza	Unidade
Barragens Propostas PRH Verde Grande (Atividade 5)	1	Técnicos (Físico)			
	Grupo 1	Incremento hídrico	Incremento hídrico + Incremento hídrico relativo	(Qincr95) e (Qincr95 / Qnat95)	(m ³ /s) e (m ³ /s / m ³ /s)
	Grupo 2	Área alagada para incremento hídrico	Área alagada pelo increm hídrico + Eficiência espacial acumulação	(Área alagada / Qincr95) e (Volume acumulado / Área alagada)	(ha / m ³ /s) e (Hm ³ / ha)
	Grupo 3	Volumes para incremento hídrico	Vol acumul pelo increm hídrico + Vol maciço pelo increm hídrico + Eficiência volum acumulação	(Volume acumulado / Qincr95); (Volume maciço / Qincr95) e (Volume acumulado / Volume maciço)	(Hm ³ / m ³ /s); (m ³ / m ³ /s) e (m ³ / m ³)
	2	Financeiros			
	2.1		Custo incremento hídrico	Custo / Qincr95	R\$ / m ³ /s
	2.2		Custo volume acumulado	Custo / Volume acumulado	R\$ / Hm ³
	3	Sociais			
	3.1		Atendimento às demandas	Situação em relação às demandas	B / M / A / MA
	3.2		Impactos na área alagada	presença de comunidades, estradas, benfeitorias e áreas produtivas	B / M / A
	4	Ambiental			
	4.1		Supressão de vegetação	Presença de área vegetada no reserv.	B / M / A
	5	Segurança			
	5.1		Equivalente risco	Alt máx maciço + volume acumulado	B / M / A
5.2		Equivalente dano potencial associado	Presença comunidades, residências e estradas prox calha rio a jusante	B / M / A	
Transposições Planejadas (Atividade 6)	1	Financeiro	Custo da água transposta	Custo/volume transposto (em 30 anos)	R\$ / m ³
	2	Social	Abrangência dos benefícios	Multiplicidade de usos e abrangência espacial	Maior / menor
	3	Técnico (Físico)	Incremento hídrico nos PCs	Vazão transposta / Q95PC	%

5.2.2.3 Sistema de Suporte à Decisão

O modelo de apoio à decisão proposto na Nota Técnica NT-2 consiste em um método multicritério – MCDA (*Multicriteria Decision Aid*). Este modelo permite aos atores observar os resultados de suas preferências, anseios, percepções e julgamentos em relação ao contexto decisório. Além disso, a metodologia permite incluir as alterações que podem ocorrer no meio externo e modificar as circunstâncias do mesmo.

No caso específico do estudo de Incremento de Oferta Hídrica na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande significa dizer que o modelo multicritério adotado permite a hierarquização das alternativas de barramentos e/ou transposições, tendo por premissa o conjunto de indicadores utilizados, frente à percepção dos analistas e decisores.

Assim, o analista (convidado a participar da Oficina) é apresentado ao confronto de um a um dos indicadores para que estabeleça seu grau de preferência. Cada conjunto de resposta, obtido de cada analista, representa matematicamente um conjunto de ponderadores, que são aplicados na análise. Quanto maior o grau de desempenho comparativo melhor é uma alternativa do ponto de vista da percepção dos decisores.

No caso do ajuste metodológico ao ambiente virtual a dinâmica de resposta às perguntas do SSD ocorre de forma coletiva, ou seja, é estimulada a realização de debate entre os participantes com vistas a convergir para uma resposta única do grupo de participantes. Esse procedimento é bastante interessante por estimular o debate e mostrar as visões divergentes ou convergentes em cada questão, entre os participantes. Alternativamente, após o evento virtual, foi possível ao convidado responder individualmente às perguntas, através de questionário eletrônico disponibilizado. Assim, tanto as respostas consensuais produzidas pelo grupo de participantes, durante a Oficina, quanto as respostas individuais, foram processadas pelo modelo e obtidos os respectivos ponderadores. A diferença é que o resultado dos ponderadores para as respostas coletivas dos participantes da Oficina foi apresentado ainda durante a Oficina (após processamento).

O procedimento metodológico para definir o cruzamento entre as variáveis para composição do grau de viabilidade foi o processo de análise hierárquica, ou método *Analytical Hierarchic Process (AHP)*. Esta metodologia foi proposta por Saaty na década de 1970, e utiliza uma estrutura hierárquica para representar um problema de decisão que consiste no cálculo do autovetor principal da matriz de comparação, tendo como resultado um peso para cada variável e uma avaliação de consistência da matriz.

Após a definição das variáveis – ou seja, dos indicadores – e a ordem hierárquica de cada uma destas, é necessário definir a matriz de pesos de cada bloco. Nela, as variáveis são avaliadas em pares, de acordo com a sua importância. Para auxiliar na definição das notas, existe uma escala de referência na literatura que permite ao decisor uma melhor escolha. O Quadro 5.9 apresenta a adaptação da escala proposta por Saaty (SAATY, 1977; SAATY, 1991), conforme supracitado.

Quadro 5.9 - Adaptação da Escala proposta por Saaty

Intensidade de importância	Definição	Explicação
1	Mesma importância	Duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância pequena de uma sobre a outra	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação à outra
5	Importância grande ou essencial	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é fortemente favorecida; sua dominação de importância é demonstrada na prática
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação à outra com o mais alto grau de certeza
2, 4, 6, 8	Valores intermediários	Quando se deseja maior compromisso
Recíprocos dos valores acima	Se a atividade j recebe um dos valores acima, quando comparada com a atividade i, então j tem o valor recíproco de i	Uma designação razoável
Racionais	Razões da escala	Se a consistência tiver de ser forçada para obter n valores numéricos para completar a matriz

Fonte: Adaptado de SAATY, 1977; SAATY, 1991

No caso específico da Oficina, optou-se por trabalhar com escala de cinco valores comparativos, abrangendo as seguintes possibilidades de resposta para cada pergunta comparativa:

O Indicador/Natureza/Grupo X é:

(a) Muito mais significativo	(b) Mais significativo	(c) Igual significância	(d) Menos significativo	(e) Muito menos significativo
------------------------------	------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------------

que o Indicador/Natureza/Grupo Y?

A Figura 5.2 ilustra a comparação de duas variáveis (ou indicadores): variável 1 e variável 2, bem como exemplifica o tipo de resposta e os valores de ponderação obtidos após o processamento da matriz de Saaty.

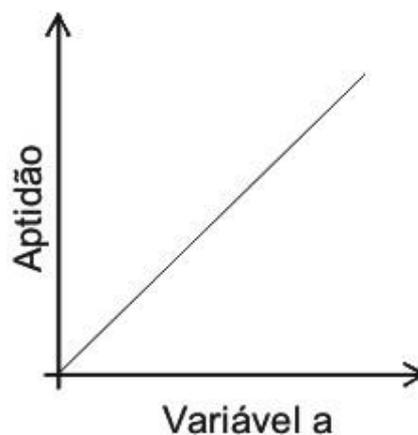
	Variável 1	Variável 2	Variável 3	Variável 4	Variável 5		Pesos
Variável 1		3	1	5	3	Variável 1	33%
Variável 2	1/3		1/3	1/3	1/5	Variável 2	06%
Variável 3	1	3		3	3	Variável 3	28%
Variável 4	1/5	3	1/3		1	Variável 4	14%
Variável 5	1/3	5	1/3	1		Variável 5	19%

Fonte: PROFILL, 2010

Figura 5.2 – Cálculo exemplificativo da matriz de Saaty.

Ainda com relação à aplicação matemática do modelo, deve-se atentar que a comparação entre critérios de diferentes naturezas, cada uma com sua forma específica de mensuração e valoração, é uma premissa da metodologia proposta. Desta forma, há a necessidade da definição de uma escala de notas comum para as variáveis que compõe cada subgrupo, conforme exemplificado no Quadro 5.9.

Para as variáveis deve ser estabelecida uma escala que permita um gradiente de valores, representado por uma função matemática. Analiticamente, o eixo das abscissas (“eixo x”) representa a escala física da variável que corresponde a um valor (nota) no eixo das ordenadas (“eixo y”). A função mais simples de variação é a linear, aqui adotada, e representada através da Figura 5.3.



Fonte: PROFILL, 2010.

Figura 5.3 – Esquema que ilustra a representação da aptidão de uma variável de acordo com uma função linear

Considerando os indicadores, naturezas e grupos indicados no Quadro 5.8, bem como a formulação de questionamentos comparativos, dois a dois, obteve-se a relação de **19 perguntas** apresentada a seguir, a qual foi aplicada na Oficina:

1. Para ponderação das **naturezas dos indicadores dos Barramentos** propostos no PRH Verde Grande:

Pergunta 1:

Indicadores **Técnicos** são:

(a) Muito mais significativos	(b) Mais significativos	(c) Igual significância	(d) Menos significativos	(e) Muito menos significativos
-------------------------------	-------------------------	-------------------------	--------------------------	--------------------------------

Que Indicadores **Financeiros**?

Pergunta 2:

Indicadores **Técnicos** são:

(a) Muito mais significativos	(b) Mais significativos	(c) Igual significância	(d) Menos significativos	(e) Muito menos significativos
-------------------------------	-------------------------	-------------------------	--------------------------	--------------------------------

Que Indicadores **Sociais**?

Pergunta 3:

Indicadores **Técnicos** são:

(a) Muito mais significativos	(b) Mais significativos	(c) Igual significância	(d) Menos significativos	(e) Muito menos significativos
-------------------------------	-------------------------	-------------------------	--------------------------	--------------------------------

Que Indicadores **Ambientais**?

Pergunta 4:

Indicadores **Técnicos** são:

(a) Muito mais significativos	(b) Mais significativos	(c) Igual significância	(d) Menos significativos	(e) Muito menos significativos
-------------------------------	-------------------------	-------------------------	--------------------------	--------------------------------

Que Indicadores de **Segurança**?

Pergunta 5:

Indicadores **Financeiros** são:

(a) Muito mais significativos	(b) Mais significativos	(c) Igual significância	(d) Menos significativos	(e) Muito menos significativos
-------------------------------	-------------------------	-------------------------	--------------------------	--------------------------------

Que Indicadores **Sociais**?

Pergunta 6:

Indicadores **Financeiros** são:

(a) Muito mais significativos	(b) Mais significativos	(c) Igual significância	(d) Menos significativos	(e) Muito menos significativos
-------------------------------	-------------------------	-------------------------	--------------------------	--------------------------------

Que Indicadores **Ambientais**?

Pergunta 7:

Indicadores **Financeiros** são:

(a) Muito mais significativos	(b) Mais significativos	(c) Igual significância	(d) Menos significativos	(e) Muito menos significativos
-------------------------------	-------------------------	-------------------------	--------------------------	--------------------------------

Que Indicadores de **Segurança**?

Pergunta 8:

Indicadores **Sociais** são:

(a) Muito mais significativos	(b) Mais significativos	(c) Igual significância	(d) Menos significativos	(e) Muito menos significativos
-------------------------------	-------------------------	-------------------------	--------------------------	--------------------------------

Que Indicadores **Ambientais**?

Pergunta 9:

Indicadores **Sociais** são:

(a) Muito mais significativos	(b) Mais significativos	(c) Igual significância	(d) Menos significativos	(e) Muito menos significativos
-------------------------------	-------------------------	-------------------------	--------------------------	--------------------------------

Que Indicadores de **Segurança**?

Pergunta 10:

Indicadores **Ambientais** são:

(a) Muito mais significativos	(b) Mais significativos	(c) Igual significância	(d) Menos significativos	(e) Muito menos significativos
-------------------------------	-------------------------	-------------------------	--------------------------	--------------------------------

Que Indicadores de **Segurança**?

2. Para ponderação das **naturezas dos indicadores das Transposições** Planejadas:

Pergunta 11:

Indicador **Financeiro** é:

(a) Muito mais significativo	(b) Mais significativo	(c) Igual significância	(d) Menos significativo	(e) Muito menos significativo
------------------------------	------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------------

Que Indicador **Social**?

Pergunta 12:

Indicador **Financeiro** é:

(a) Muito mais significativo	(b) Mais significativo	(c) Igual significância	(d) Menos significativo	(e) Muito menos significativo
------------------------------	------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------------

Que Indicador **Técnico**?

Pergunta 13: Indicador **Social** é:

(a) Muito mais significativo	(b) Mais significativo	(c) Igual significância	(d) Menos significativo	(e) Muito menos significativo
------------------------------	------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------------

Que Indicador **Técnico**?

3. Para ponderação dos **indicadores dos Barramentos** propostos no PRH Verde Grande:

3.1. De Natureza **Técnica**:

Pergunta 14:

Indicadores do **Grupo 1 (Incremento hídrico)** são:

(a) Muito mais significativos	(b) Mais significativos	(c) Igual significância	(d) Menos significativos	(e) Muito menos significativos
-------------------------------	-------------------------	-------------------------	--------------------------	--------------------------------

Que Indicadores do **Grupo 2 (Área alagada para incremento hídrico)**?

Pergunta 15:

Indicadores do **Grupo 1 (Incremento hídrico)** são:

(a) Muito mais significativos	(b) Mais significativos	(c) Igual significância	(d) Menos significativos	(e) Muito menos significativos
-------------------------------	-------------------------	-------------------------	--------------------------	--------------------------------

Que Indicadores do **Grupo 3 (Volumes para incremento hídrico)**?

Pergunta 16:

Indicadores do **Grupo 2 (Área alagada para incremento hídrico)** são:

(a) Muito mais significativos	(b) Mais significativos	(c) Igual significância	(d) Menos significativos	(e) Muito menos significativos
-------------------------------	-------------------------	-------------------------	--------------------------	--------------------------------

Que Indicadores do **Grupo 3 (Volumes para incremento hídrico)**?

3.2. De Natureza **Financeira**:

Pergunta 17:

Indicador **Custo incremento hídrico** é:

(a) Muito mais significativo	(b) Mais significativo	(c) Igual significância	(d) Menos significativo	(e) Muito menos significativo
------------------------------	------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------------

Que Indicador **Custo volume acumulado**?

3.3. De Natureza **Social**:

Pergunta 18:

Indicador **Atendimento às demandas** é:

(a) Muito mais significativo	(b) Mais significativo	(c) Igual significância	(d) Menos significativo	(e) Muito menos significativo
------------------------------	------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------------

Que Indicador **Impactos na área alagada**?

3.4. De Natureza de **Segurança**:

Pergunta 19:

Indicador **Equivalente risco** é:

(a) Muito mais significativo	(b) Mais significativo	(c) Igual significância	(d) Menos significativo	(e) Muito menos significativo
------------------------------	------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------------

Que Indicador **Equivalente dano potencial associado**?

5.2.2.4 *Contexto decisório*

Os atores estratégicos que participaram da Oficina, onde a metodologia proposta foi aplicada, foram previamente identificados, também denominados aqui de analistas, representando a ampla configuração de ambientes, setores e instituições da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, que tem interveniência com os recursos hídricos.

Inicialmente, foram identificados os seguintes atores participantes: Representantes do Comitê da Bacia Hidrográfica (CBH) do Rio Verde Grande; Agência Nacional de Águas (ANA); Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM); Agência Peixe Vivo; Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS); Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF); Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA); Distrito de Irrigação do Perímetro de Gortuba (DIG); dentre outros que tenham interesse técnico no incremento da oferta hídrica na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, ou que possam ser potenciais financiadores na execução das intervenções selecionadas.

Na sequência, foi trabalhada, em conjunto com a Agência Peixe Vivo e com o Comitê do Verde Grande, uma relação mais específica de participantes. Tendo em vista que o ambiente virtual apresenta mais restrições (técnicas) à participação simultânea de grande número de convidados, optou-se pela realização da 1ª Oficina em três momentos distintos, inclusive em horários também distintos, objetivando proporcionar maior amplitude de momentos à participação. Como decorrência, os convidados foram divididos, de forma proposital, em três grupos, um para cada data. Cada grupo composto por diversos setores integrantes da gestão dos recursos hídricos, com o objetivo de garantir a pluralidade de representação e diversidade de interesses, buscando conferir ao processo de respostas das perguntas do SSD a maior riqueza de opiniões possível.

	<p>Tipo de Documento: Relatório Técnico</p> <p>P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO</p>	
<p>ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE</p>		

A essa primeira proposta de divisão dos participantes, em três grupos, no entanto, foi possibilitada a troca de data de evento pelo convidado, conforme sua melhor conveniência, com vistas a garantir o maior nível de participação possível, dentro da condição do ambiente virtual.

Sendo assim, o Quadro 5.10 apresenta a lista de convidados para participação na 1ª Oficina de trabalho.

Quadro 5.10 - Lista de Convidados para os três eventos relativos à 1ª Oficina.

Nº	Instituição	Nome	Telefone	E-mail
1	Diretoria CBHVG - Presidente	Dirceu Colares de Araújo Moreira	(38) 99985-2000 /3213-0647	cbhvg1@gmail.com
2	Câmara Técnica do CBHVG	João Damásio Frota Machado Pinto	(38) 9 9952 8164 (38) 3 221-9722	jdfrotajd@yahoo.com.br jdfrotajd@hotmail.com
3	Sindicato Rural de Montes Claros	Maria Socorro M. Almeida Carvalho	(38) 98836-6876	secex.verdegrande@gmail.com
4	DNOCS	Fernando Marcondes de Araújo Leão	(85) 3391-5206 (85) 3391-5200	fernando.leao@dnocs.gov.br
5	DNOCS	Marcus Rangel	(85) 3391-5100	marcus.rangel@dnocs.gov.br
6	DNOCS	Aleksander Oliveira de Souza	(38) 3221-6192	aleksander.souza@dnocs.gov.br
7	CODEVASF - 1ª SR	Marco Antônio Graça Câmara	(38) 2104-7865	marco.camara@codevasf.gov.br
8	ONG Amigos do Rio Verde	César Silva	(38) 99113-0383	cesarjaiba@gmail.com
9	CODEVASF	Domenico Morano Junior Getúlio	(38) 99160-0101	domenico.junior@codevasf.gov.br
10	CODEVASF	Maurício Grós	(38)99857-9589	Mauricio.gros@codevasf.gov.br
11	CODEVASF - Distrito de Irrigação Estreito e Cova	Luiz Henrique Garcia	(38) 99220-1718	luizhgr@hotmail.com
12	IBAMA (representante regional)	Rafael Macedo Chaves	(38) 99932-3178	rafael.chaves@ibama.gov.br
13	Instituto de Desenvolvimento do Norte e Nordeste de Minas Gerais – IDENE	Márcia Genoveva Rafael Versiani	(38) 99737 8290	Marcia.versiani@idene.mg.gov.br
14	ANA (representante local ou no estudo) + Brasília	Tânia Dias	-	-
15	CPRM (Hidrologo)	Márcio Cândido	31 9 9294-8181	marcio.candido@cprm.gov.br
16	CPRM	Maria Antonieta Mourão		maria.antonieta@cprm.gov.br
17	IGAM	Érika Soares Batista	(38) 3213-7931	erika.batista@meioambiente.mg.gov.br
18	IGAM	Thiago Figueiredo Santana	(31) 39151309	thiago.santana@meioambiente.mg.gov.br
19	IGAM	Marcelo Fonseca	(31) 3915-1126	marcelo.fonseca@meioambiente.mg.gov.br

ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE

Nº	Instituição	Nome	Telefone	E-mail
20	IGAM	Wesley Mota França	(38) 3213 7931 (38) 9 9109 8909 (38) 9 8831 8909	Wesley.mota@meio ambiente.mg.gov.br
21	Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – Superintendência Regional de Meio Ambiente – SEMAD/SUPRAM NORTE	Iran Douglas da Silva	(38) 3224 7500 (38) 3224 7524 (38) 9 9918 5200	Iran.silva@meioambiente.mg.gov.br Irandouglas@gmail.com
22	IEF	Margarete Suely Caires Azevedo	(38) 3224 7550 (38) 2101 6850 (38) 9 9107 8966 (38) 9 9969 4346	Margarete.aires@meioambiente.mg.gov.br
23	INEMA	Glauber Vieira de Oliveira	(77) 98111-7902	Glauber.oliveira@.inema.ba.gov.br
24	Consórcio Intermunicipal de Desenvolvimento Sustentável da Microrregião da Serra Geral de Minas – União da Serra Geral	Horácio Cristo Barbosa	(38) 99138-4695	uniaodaserrageral@gmail.com horaciocristo@yahoo.com.br
25	EMATER	Arquimedes Batista Neves Teixeira	(38) 99138-9596	arquimedes.batista@emater.mg.gov.br
26	COPASA Regional Montes Claros	Eduardo Luiz Rigotto	(38) 3229-5768 (38) 3478-3300	eduardo.rigotto@copasa.com.br
27	COPASA Jaíba	Geraldo Agostinho Dias	(38) 9 9902 4344 (38) 3229 5727	Geraldo.agostinho@copasa.com.br
28	COPASA Montes Claros	Mônica Maria Ladeia	(38) 3229-5713 (38) 9 9902-1153	Monica.ladeia@copasa.com.br
29	COPASA Janaúba	Tiburtino Jose de Souza Oliveira	(38) 3829 4152 (38) 9 9985 7075	Tiburtino.oliveira@copasa.com.br
30	COPASA Porteirinha	Romulo de Souza Lima	(38) 99961-9613	-
31	Serviço Autônomo de Água e Esgoto – SAAE Francisco-Sá	Roberto de Miranda	(38) 3233 1202 (38) 3233 1000 (38) 3233 1249 (38) 3233 1212 (38) 9 9922 2575	saaefsa@hotmail.com mirandarbo@yahoo.com
32	Distrito Irrigação Jaíba (DIJ)	Marcos Medrado	(38) 3833-4140	marcos@projetojaiba.com.br
33	Distrito Irrigação Jaíba (DIJ)	Anna Priscila Camargo Dias	(38)98407-3784	gerenciaexecutiva@dij2.com.br

ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE

Nº	Instituição	Nome	Telefone	E-mail
34	Distrito Irrigação Gorutuba (DIG)	Gustavo Wagner Drumond Lage	(38) 99988-1025	grupobanarica@yahoo.com.br
35	Produtor Rural	Rodolpho Velloso Rebelo	(38) 9 9986 8991 (38) 3215 1212 (38) 3221 2884	rodolphorebello@gmail.com
36	Prefeitura Municipal de Montes Claros	Paulo de F. Ribeiro	(38) 9 9950-3868	meioambientemontesclaros@gmail.com
37	Prefeitura Municipal de Capitão Enéas	Oscar Luiz Teixeira Pereira	(38) 3235-1001	comunicacaoprefeituracap@gmail.com joaoelcio@yahoo.com.br
38	Prefeitura Municipal de Francisco Sá	Maria Clara Fernandes (Secretária de Meio Ambiente)	(38) 3233-1325	semafranciscosa@gmail.com marinacosta1088@gmail.com
39	Prefeitura Municipal de Mirabela	Michele Brito dos Santos	(38) 3239-1288	meioambiente@mirabela.mg.gov.br
40	Prefeitura de Nova Porteirinha	José Borges Batista (Secretário de Meio Ambiente)	(38) 3834-1748	meioambiente@novaporteirinha.mg.gov.br
41	Prefeitura Municipal de Porteirinha	Rosélia Ferreira da Cruz Silva (Secretária de Meio Ambiente)	(38) 3831-1297	meioambiente@porteirinha.mg.gov.br
42	Prefeitura Municipal de São João da Ponte	Erivelton Gonçalves Cordeiro	(38) 3234-1634 / 3234-1209	sec.agriculturasjp@yahoo.com
43	Prefeitura de Varzelândia	Pedro Henrique Alves Coutinho	(38)3625-1025	engenhreiopedroh@outlook.com
44	Prefeitura de Verdelandia	Clayton Diôn Mendes Oliveira	(38) 9 8828 1233 (38) 3625 8113	codemaverdelandia@hotmail.com verdelandiacomunicacao@yahoo.com.br
45	Prefeitura de Patis	João Moraes de Sá	(38) 3239-8120	agricultura@mg.gov.br administracao@mg.gov.br
46	Prefeitura de Espinosa	Flávio Henrique Miranda Silva	(38) 99230-2246	secretaria.agricultura.espinosa@gmail.com
47	Prefeitura de Juramento	Genildo Cardoso de Moura	(38) 99857-5906	genildocm@yahoo.com.br
48	Prefeitura Municipal de Matias Cardoso	Ivan Lucio de Oliveira	(38) 9 9171 6505 (38) 9 9985 2977 (38) 3616 3113	Ivanlucio2015@hotmail.com
49	Prefeitura Municipal de Pai Pedro	Hamon Ferreira de Souza	(38) 99978-7076	hamonferreira@gmail.com

ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE

Nº	Instituição	Nome	Telefone	E-mail
50	Prefeitura Municipal de Janaúba	Aroldo Roberto Cangussu	(38) 3821 3236 (38) 9 9164 2803	codema@janauba.mg.gov.br ambiental@janauba.mg.gov.br aroldoroberto@norreenet.com.br
51	Prefeitura Municipal de Glaucilândia	Rodrigo Dhryell Santos	(38) 9 9993 3067	Amb.rodriago@gmail.com
52	Prefeitura Municipal de Iuiú	Vagna Nogueira dos Santos	(77) 3682 2122 (77) 3682 2009 (77) 9 9134 6941 (77) 9 8121 2612	vagnanogueira@yahoo.com.br vagnaprof@gmail.com pmiuiugp@hotmail.com atepuiubahia@gmail.com
53	Prefeitura Municipal de Mortugaba	Tatiany Cerqueira Novais Sant'ana	(77) 3682 2122 (77) 3682 2009 (77) 9 9134 6941 (77) 9 8121 2612	Taty_cnovais@hotmail.com mortugabaprefeituramunicipal@hotmail.com
54	Prefeitura de Bocaiuva	Flávia de Almeida Avelar	(38) 3251-4442	ambientalsecretaria@hotmail.com
55	Prefeitura de Mamonas	Antônio Nunes Ferreira	(38) 3814-1126	agricultura@mamonas.mg.gov.br
56	Prefeitura de Monte Azul	Damastor Alves e Souza	(38) 3811-1877 / (38) 9 9114-1565	meioambientemazul@gmail.com damastorgeamo36@hotmail.com
57	Prefeitura de Serranópolis	Thalita Emanoela Cordeiro Gonçalves	(38) 99938-6486	thalita.mani@yahoo.com.br
58	Prefeitura de Urandi	João Ezequiel Filho	(77) 9 9123 8707 (77) 9 9120 8656	joaoezequielfilho@hotmail.com meioambienteurandi@hotmail.com
59	Prefeitura de Pindaí	Daniilo Veiga de Azevedo	(77) 99192-6221	daniloveiga00@gmail.com
60	Câmara Municipal de Montes Claros	Soter Magno	(038) 99969-7393	ver.soter@cmmoc.mg.gov.br
61	ICA/UFMG	Edson de Oliveira Vieira	(38) 2101-7708 / 9 9965-9973	eovieira@ica.ufmg.br
62	??	Luciano Cloves da Fonseca	(38) 99134-0240	lucianofonsecapv@live.com
63	Sindicato Rural dos Produtores Rurais de Montes Claros	Rômulo Labate	(38) 99985-0007	diretoria@propec.net
64	Sindicato Rural dos Produtores Rurais de Montes Claros	Juvenal Mendes Oliveira	(38) 9 8832 1680 / 3215 1058 3212 1680	juvenalaleluia@yahoo.com.br
65	Lote 951A (Faz. Esperança)	Paulo Bina Fonyat de Lima	(38) 99962-2722	Paulo.bina@hotmail.com
66	Fazenda Rio Verde	Selcino Alves Cordeiro	(38) 9 9948 5740 (38) 9 9739 5054	Nayaralais1990@hotmail.com

ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE

Nº	Instituição	Nome	Telefone	E-mail
67	UniGF (bahia)	Georgheton Melo Nogueira	(77) 99974-3646 (77) 3451-8430	geoeconomia@gmail.com reitoria@centrouniversitariounifg.edu.br
68	Renato Pereira Agropecuária S/A	Carla Martins Pereira	(38) 99931-0171	carpermg@hotmail.com
69	Estância das Aroeiras	Ari Teodoro de Oliveira	(38) 98428-8118	ariteodoro@gmail.com
70	Fazenda Arizona	Celso Fernandes de Souza	(38) 99929-6406	Celso05fsouza@gmail.com
71	ABANORTE	Nilde Antunes Rodrigues Lage	38) 3834.1257 - (38) 99988.0404	nildelage@yahoo.com.br
72	Fazenda El Sombrillo	Wandaik Ribeiro Soares Dias	(38) 99934-0561 / (38) 99133-6975	codemaverdelandia@hotmail.com; barbaradematosdias@yahoo.com
73	Fazenda Agreste (Ides Alves Batista)	José Emídio Batista	(38) 99996-6137	codemaverdelandia@hotmail.com
74	CODEVASF - 2ª SR (BA)	Leonardo Franklin Meira Souza	(77) 9 9166 3686	leonardo.franklin@codevasf.gov.br
75	CODEVASF	Hudson Ângelo Tolentino	(77) 9 9157 0260 / (77) 9 9154 4868	-
76	CCR Alto São Francisco – CBH São Francisco	José Valter Alves	(38) 99978-6760	jvaltim@yahoo.com.br
77	EMATER	Ricardo Demicheli	(38) 99148-9312	ricardomoc@emater.mg.gov.br
78	EPAMIG	João Batista Ribeiro da Silva Reis	(38) 99191-1979	jbrsreis@epamig.br
79	Associação dos Irrigantes de Estreito	Maria Aparecida Rodrigues	(77) 99165-6526	cidamodas422@gmail.com
80	Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais – FIEMG	Laila Tupinambá Mota	(38) 3221 0200 /9 9930 3940	lamota@fiemg.com.br laila_tupi@hotmail.com
81	Instituições de Ensino ICA/UFMG	Flávio Gonçalves	(38) 9 8408 6764	flaviogoliveira.ufmg@hotmail.com

5.2.3 Realização da Primeira Oficina

Tendo em vista o procedimento metodológico proposto, ajustado ao ambiente virtual conforme descrito nos itens precedentes, e a realização de reuniões, inicialmente com a Agência Peixe Vivo (em 13/05/2020, através de videoconferência) e na sequência também com o Comitê Verde Grande – CTC (em 15/05/2020, através de videoconferência), foram configurados os principais elementos relativos à 1ª Oficina de Trabalho – Incremento de Oferta Hídrica (IOH) Verde Grande.

Como plataforma web para realização da Oficina em ambiente virtual foi definida a **Google Meet** (Figura 5.4). Como vantagem da escolha desta ferramenta, citam-se:

- A universalidade da plataforma, uma vez que muitos utilizam produtos do Google, e já estão familiarizados com a ferramenta;
- A robustez e estabilidade do sistema, suportado pelo Google;
- A facilidade operacional, não necessitando instalação prévia no PC, e apenas um aplicativo, para uso no celular;
- A possibilidade de visualização na tela de grande número de participantes, e o compartilhamento de tela (o que permite a apresentação de powerpoint), inclusive preservando a visualização de alguns dos participantes;
- O suporte para *chat* (bate-papo), para inscrições nos debates.



Figura 5.4 – Logo da plataforma virtual a ser utilizada nos eventos

Previamente, a Profill enviou aos convidados, via e-mail, um tutorial para acesso à sala de reunião. No dia dos eventos, a sala de reunião foi aberta 30 minutos antes do horário oficial de início, para testes e configurações pelos convidados.

Os convites para os participantes foram enviados com antecedência mínima de duas semanas. Também foi enviado, antecipadamente, material informativo sobre a Oficina, incluindo, por exemplo, a lista de indicadores e minuta do questionário.

A estrutura e conteúdo da 1ª Oficina foram definidos com o objetivo de se adequar à realização em ambiente virtual, conforme apresentado a seguir, com duração total máxima estimada em 3 horas (180 minutos):

- **1º Bloco:** Apresentação e Contextualização (20 minutos);
- **2º Bloco:** Resultados Parciais Alcançados (40 minutos);
- **3º Bloco:** Metodologia para Hierarquização das Intervenções Estudadas e Aplicação de Dinâmica para Determinação dos Ponderadores (80 minutos);
- **4º Bloco:** Visualização e Debate sobre o Resultado do Grupo (40 minutos).

Resumidamente, os conteúdos de cada Bloco são apresentados a seguir:

1º Bloco: Apresentação e Contextualização – identificação dos participantes; apresentações dos organizadores da Oficina; contextualização do trabalho (IOH Verde Grande – contrato, objetivo do estudo, fluxograma, cronograma e resultados esperados); e objetivo da Oficina.

2º Bloco: Resultados Alcançados – apresentação dos resultados alcançados até o momento quanto ao Incremento da Oferta Hídrica na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande com destaque para Barragens Propostas no PRH Verde Grande (Atividade A5), Transposição de Vazões (Atividade A6) e Inventário de Novos Locais de Barramento (A7); ao término desse Bloco haverá espaço para dirimir dúvidas.

3º Bloco: Metodologia para Hierarquização das Intervenções e Aplicação de Dinâmica para Determinação dos Ponderadores – apresentação da metodologia proposta no âmbito do IOH Verde Grande (adoção de indicadores de desempenho e determinação de ponderadores para esses indicadores); e aplicação, junto aos participantes, de questionário com o objetivo de captar a percepção dos participantes quanto à importância ou peso (valoração) dos indicadores de desempenho, sendo as respostas realizadas de forma consensual pelo grupo; alternativamente, para quem assim o desejar, será possível responder individualmente o questionário, que será processado posteriormente à Oficina, pela Profill.

4º Bloco: Visualização e Debate sobre o Resultado do Grupo – apresentação do resultado do processamento do questionário do Grupo com os valores de ponderação para cada indicador e debates sobre os resultados, em termos de explanação de significados.

Em termos de datas e horários para a realização da Oficina, para os três grupos anteriormente referidos, foram definidos os seguintes:

- **Grupo A:** data: 08/06/2020; horário: 14:00h às 17:00h (Tarde)
- **Grupo B:** data: 09/06/2020; horário: 08:30h às 11:30h (Manhã)

- **Grupo C:** data: 10/06/2020; horário: 08:30h às 11:30h (Manhã)

Essa Oficina foi realizada em três momentos, com vistas a possibilitar a maior participação possível, proporcionando datas e horários diferenciados: primeiro evento contou com a participação de 21 pessoas (sendo nove do grupo AGPV, ANA e Profill); o segundo evento contou com a participação de 16 pessoas (sendo seis do grupo AGPV, ANA e Profill); e o terceiro evento contando com a participação de 20 pessoas (sendo seis do grupo AGPV, ANA e Profill).

5.2.4 Resultados da Primeira Oficina

No 3º Bloco de cada evento, foi realizada dinâmica participativa, cujos resultados, em termos de votos para cada questão aplicada, foram obtidos por maioria. Nesse sistema, em cada evento e para cada questão, obteve-se uma resposta representativa do grupo. O Quadro 5.11 apresenta os resultados obtidos por maioria para cada questionamento.

Quadro 5.11 - Respostas para cada Questionamento, por Evento

Pergunta	Grupo A		Grupo B		Grupo C				
	Resposta	Result.	Resposta	Result.	Resposta	Result.			
1	A	1	C	A	1	B	A	5	A/B
	B	2		B	3		B	5	
	C	5		C	0		C	0	
	D	0		D	0		D	0	
	E	0		E	0		E	0	
2	A	0	C	A	0	C	A	1	C
	B	0		B	0		B	2	
	C	8		C	4		C	7	
	D	1		D	1		D	0	
	E	0		E	0		E	0	
3	A	0	B	A	0	C	A	5	A/B
	B	6		B	0		B	5	
	C	3		C	3		C	0	
	D	0		D	0		D	0	
	E	0		E	1		E	0	
4	A	0	B	A	0	D	A	2	C
	B	6		B	0		B	1	
	C	3		C	2		C	6	
	D	3		D	3		D	1	
	E	0		E	1		E	0	
5	A	0	D	A	0	D	A	0	D
	B	0		B	0		B	0	

Pergunta	Grupo A		Grupo B		Grupo C	
	Resposta	Result.	Resposta	Result.	Resposta	Result.
	C	4	C	0	C	3
	D	7	D	4	D	5
	E	0	E	0	E	2
6	A	1	A	0	A	2
	B	6	B	0	B	1
	C	4	C	0	C	5
	D	0	D	5	D	2
	E	0	E	1	E	0
7	A	0	A	0	A	0
	B	1	B	0	B	2
	C	8	C	0	C	4
	D	1	D	2	D	4
	E	0	E	4	E	0
8	A	1	A	0	A	4
	B	5	B	0	B	0
	C	2	C	5	C	6
	D	1	D	0	D	0
	E	0	E	0	E	0
9	A	0	A	0	A	0
	B	4	B	0	B	6
	C	6	C	3	C	0
	D	1	D	2	D	4
	E	0	E	0	E	0
10	A	0	A	0	A	0
	B	0	B	0	B	1
	C	5	C	4	C	4
	D	5	D	0	D	5
	E	0	E	0	E	0
11	A	0	A	0	A	0
	B	1	B	0	B	0
	C	5	C	2	C	0
	D	4	D	3	D	8
	E	1	E	1	E	2
12	A	0	A	0	A	0
	B	2	B	0	B	0
	C	4	C	0	C	3
	D	4	D	4	D	4
	E	0	E	0	E	2
13	A	0	A	0	A	0
	B	2	B	4	B	2
	C	6	C	0	C	5
	D	0	D	1	D	2

Pergunta	Grupo A		Grupo B		Grupo C	
	Resposta	Result.	Resposta	Result.	Resposta	Result.
	E	0	E	0	E	0
14	A	1	A	0	A	2
	B	6	B	4	B	7
	C	1	C	0	C	0
	D	0	D	0	D	0
	E	0	E	0	E	0
15	A	0	A	0	A	0
	B	2	B	0	B	7
	C	7	C	5	C	2
	D	0	D	0	D	0
	E	0	E	0	E	0
16	A	0	A	0	A	0
	B	0	B	0	B	0
	C	5	C	4	C	0
	D	5	D	0	D	9
	E	0	E	0	E	0
17	A	0	A	0	A	0
	B	6	B	0	B	9
	C	2	C	4	C	0
	D	0	D	0	D	0
	E	0	E	0	E	0
18	A	0	A	1	A	3
	B	6	B	1	B	6
	C	0	C	1	C	1
	D	0	D	2	D	0
	E	0	E	0	E	0
19	A	0	A	0	A	0
	B	0	B	0	B	0
	C	7	C	1	C	1
	D	2	D	5	D	0
	E	0	E	0	E	8

Com base nas respostas dos Grupos, e após aplicar a Matriz de Saaty, foram obtidos os resultados numéricos para os ponderadores (Quadro 5.12).

Quadro 5.12 - Ponderadores Obtidos com Base nas Respostas dos Grupos

Ponderador	Grupo A	Grupo B	Grupo C
Barragens			
Natureza Técnica	25%	19%	28%
Natureza Financeira	20%	10%	13%
Natureza Social	25%	21%	25%
Natureza Ambiental	12%	21%	14%

Ponderador	Grupo A	Grupo B	Grupo C
Natureza Segurança	18%	28%	21%
Técnico G1	42%	42%	48%
Técnico G2	23%	26%	19%
Técnico G3	35%	32%	33%
Financeiro (custo incremento hídrico)	67%	50%	67%
Financeiro (custo volume acumulado)	33%	50%	33%
Social (atendimento demandas)	67%	33%	67%
Social (impacto na área alagada)	33%	67%	33%
Segurança (equiv. risco)	50%	33%	25%
Segurança (equiv.. DPA)	50%	67%	75%
Transposições			
Custo água transposta	30%	19%	20%
Abrangência benefícios	33%	48%	40%
Incremento hídrico nos PCs	37%	33%	40%

Os resultados da 1ª Oficina, por terem ocorrido em três eventos distintos, levaram a diferentes possibilidades de valoração dos ponderadores. Com vistas a obter um resultado que expressasse a manifestação conjunta de todos os participantes (dos três eventos) foram aplicadas duas abordagens estatísticas: uma considerando o somatório dos votos dos participantes dos três eventos, chamada de Compilação de Votos, e outra calculando a média dos resultados dos três eventos, denominada de “Média dos Três Eventos”. O Quadro 5.13 apresenta os resultados dessas duas abordagens.

Quadro 5.13 - Compilação de votos e Média dos Três Eventos

Ponderador	Compilação dos Votos	Média dos Três Eventos
Barragens		
Natureza Técnica	26%	24%
Natureza Financeira	15%	14%
Natureza Social	26%	24%
Natureza Ambiental	17%	16%
Natureza Segurança	17%	22%
Técnico G1	40%	44%
Técnico G2	20%	23%
Técnico G3	40%	33%
Financeiro (custo incremento hídrico)	67%	61%
Financeiro (custo volume acumulado)	33%	39%
Social (atendimento demandas)	67%	56%
Social (impacto na área alagada)	33%	44%
Segurança (equiv. risco)	50%	36%
Segurança (equiv.. DPA)	50%	64%
Transposições		

Ponderador	Compilação dos Votos	Média dos Três Eventos
Custo água transposta	20%	23%
Abrangência benefícios	40%	40%
Incremento hídrico nos PCs	40%	37%

O convite para a 1ª Oficina de Trabalho, a apresentação em formato “Power Point”, a relação de participantes, bem como a memória do evento estão apresentados no Apêndice 1.

5.3 2ª Oficina – Incremento de Oferta Hídrica (IOH) Verde Grande

A 2ª Oficina de Trabalho ocorreu nos dias 4 e 8 de agosto 2020, sendo realizada nos mesmos moldes da 1ª Oficina. Tendo em vista que o objetivo deste evento foi de validar as alternativas de incremento hídrico e consolidar a priorização realizada na 1ª Oficina, a lista de convidados foi a mesma do primeiro evento, apresentada no Quadro 5.10.

Na 2ª Oficina, os resultados, já em termos numéricos dos ponderadores, foram apresentados aos participantes, bem como as priorizações de implantação de alternativas, decorrentes da aplicação desses ponderadores para fins de cálculo dos desempenhos globais das alternativas estudadas. Os desempenhos foram apresentados conforme as naturezas das intervenções, abrangendo os barramentos propostos no PRH Verde Grande, as transposições propostas no PRH Verde Grande e o inventário de novos locais de barramentos.

O objetivo desta Oficina era obter relações de priorização de implantação para as alternativas de intervenções, uma vez que na 1ª Oficina os resultados indicaram duas possibilidades distintas de hierarquização (Compilação de Votos e Média dos Três Eventos). Para tanto, foram apresentados aos participantes os resultados em termos de escores globais de desempenho de cada alternativa, calculada conforme os dois conjuntos de ponderadores resultantes da 1ª Oficina.

No Quadro 5.14 são apresentados os desempenhos globais dos 14 barramentos propostos pelo PRH Verde Grande, conforme os dois grupos de ponderadores resultantes da 1ª Oficina. O cálculo dos desempenhos globais foi realizado utilizando-se a equação 6.1 (item 5.2.2.1), nos indicadores escalares apresentados no Quadro 5.2 e considerando os ponderadores apresentados no Quadro 5.13.

Quadro 5.14 - Desempenhos Globais dos 14 Barramentos Propostos no PRH Verde Grande – Ponderadores: Compilação de Votos e Média dos Três Eventos

Barragem	Desempenhos Globais (ponderadores)	
	Compilação de Votos	Média dos Três Eventos
Água Limpa	87,31	83,2
São Domingos	80,15	73,4
Suçupara	79,37	75,86
Sítio Novo	78,06	74,88
Canoas	75,81	73,55
Mamonas	76,24	69,32
Pedras	73,55	70,31
Cocos	73,38	69,27
Prata	68,22	64,62
Tábua	62,72	58,87
Verde	61,99	57,89
Cerrado	53,43	50,1
Peixe	52,67	50,94
Sítio	52,32	48,94

Em que pese a diferença numérica dos desempenhos globais calculados por cada método (ponderadores), observa-se comportamento bastante similar, podendo ser identificados três grupos conforme seus desempenhos. Um primeiro grupo com desempenhos elevados, destacados com a cor verde, integrados por Água Limpa, Suçupara, Sítio Novo, São Domingos, Canoas e Mamonas. Embora especificamente Canoas e Mamonas não apresentem os mesmos desempenhos dos demais barramentos deste grupo. Um segundo grupo, com desempenhos relativamente baixos, destacados com a cor vermelha, integrados por Peixe, Sítio e Cerrado, havendo coincidência pelos dois métodos. E um terceiro grupo, com desempenhos intermediários, destacado com a cor amarela, integrado pelos barramentos que não se enquadraram em nenhum dos dois grupos anteriores. Ou seja, independentemente do método adotado, os resultados em termos dos melhores desempenhos é praticamente idêntico, havendo apenas alteração na ordem.

No Quadro 5.15 são apresentados os desempenhos globais das duas transposições propostas pelo PRH Verde Grande, também conforme os dois grupos de ponderadores resultantes da 1ª Oficina. O cálculo dos desempenhos globais foi realizado utilizando-se a equação similar à 6.1 (item 5.2.2.1), nos indicadores escalares apresentados no Quadro 5.4 e considerando os ponderadores apresentados no Quadro 5.13.

Quadro 5.15 - Desempenhos Globais das Duas Transposições Propostas no PRH Verde Grande – Ponderadores: Compilação de Votos e Média dos Três Eventos

Transposição	Desempenhos Globais (ponderadores)	
	Compilação de Votos	Compilação de Votos
Congonhas – Juramento	78,80	79,25
Jaíba	86,00	87,05

Observa-se que, independentemente do método utilizado para determinar os ponderadores, a Transposição Jaíba apresenta desempenho sempre superior à Transposição Congonhas-Juramento. A Transposição Jaíba, tanto em termos de indicadores técnicos, como financeiros, mostrou melhor desempenho que a Transposição Congonhas-Juramento.

O Quadro 5.16 apresenta os desempenhos globais dos 13 barramentos inventariados em compartimentos específicos da Bacia, também conforme os dois grupos de ponderadores resultantes da 1ª Oficina. O cálculo dos desempenhos globais foi realizado utilizando-se a equação 6.1 (item 5.2.2.1), nos indicadores escalares apresentados no Quadro 6.6 e considerando os ponderadores apresentados no Quadro 5.13.

Quadro 5.16 - Desempenhos Globais dos 13 Barramentos Inventariados – Ponderadores: Compilação de Votos e Média dos Três Eventos

Barragem	Desempenhos Globais (ponderadores)	
	Compilação de Votos	Compilação de Votos
MEMVG – Margem Esquerda do Médio Verde Grande		
Córrego Vereda	77,02	75,23
Rio Arapaim	77,00	74,88
Córrego São Vicente	74,22	72,70
Córrego Macaúbas	69,47	66,18
Rio Salobro	66,62	63,18
Rio Barreiras	57,63	55,6
MDBMG – Margem Direita do Médio-Baixo Gorutuba		
Rio Serra Branca	72,69	71,09
Riacho Piranhas (montante Jacu)	73,96	74,62
Córrego Boqueirão do Encantado	71,7	70,39
Córrego Furado Sujo	65,27	64,19
Córrego Coronel	63,74	61,02
Rio Jacu	60,42	60,35
Rio Garipau	57,51	55,42

Independente das diferenças numéricas entre os desempenhos globais calculados pelos dois métodos, os barramentos inventariados com melhores resultados são os mesmos (destacados na cor verde): na margem esquerda do Médio Verde Grande, Córrego Vereda, Rio Arapoim e Córrego São Vicente; e na margem direita do Médio-Baixo Gorutuba, Rio Serra Branca, Córrego Boqueirão do Encantado e Riacho Piranhas (montante Jacu).

Como resultado da aplicação do procedimento proposto, tem-se a situação apresentada no Quadro 5.17 para todas as intervenções estudadas.

Quadro 5.17 - Resultados dos Desempenhos das Intervenções Estudadas

Intervenções		Método Definição dos Ponderadores		Seleção e Priorização das Intervenções
		Compilação dos Votos	Média dos Três Eventos	
Barramentos Propostos no PRH Verde Grande (Atividade A5)		Água Limpa	Água Limpa	Seleção muito similar, com alteração de ordenamento
		São Domingos	Suçupara	
		Suçupara	Sítio Novo	
		Sítio Novo	Canoas/São Domingos	
Transposições Propostas no PRH Verde Grande (Atividade A6)		Jaíba	Jaíba	Seleção e ordenamento idênticos
		Congonhas-Juramento	Congonhas-Juramento	
Inventário de Novos Locais de Barramentos (Atividade A7)	MEVG	Córrego Vereda	Córrego Vereda	Seleção e ordenamento idênticos
		Arapoim	Arapoim	
		Córrego São Vicente	Córrego São Vicente	
	MDBG	Riacho Piranhas	Riacho Piranhas	Seleção e ordenamento idênticos
		Rio Serra Branca	Rio Serra Branca	
		Córrego Boqueirão do Encantado	Córrego Boqueirão do Encantado	

Observa-se que no caso das Transposições e do Inventário, independentemente do método adotado para definição dos ponderadores, o resultado é idêntico, tanto em termos de seleção dos melhores desempenhos, quanto do ordenamento. Já no caso dos barramentos propostos no PRH Verde Grande, a seleção é bastante similar entre os métodos, havendo divergência quanto ao ordenamento. A 2ª Oficina foi focada, então, para, através de dinâmica específica com os participantes, dirimir essas questões específicas para os barramentos da Atividade A5.

A 2ª Oficina foi realizada em dois momentos, nos dias 04/08/20 (9:00h) e 05/08/20 (14:30h), tendo sido convidados os participantes da 1ª Oficina, bem como os convidados daquela Oficina que não participaram e outros atores considerados estratégicos para o tema em tela. A programação da 2ª Oficina é apresentada a seguir:

- **1º Bloco:** Abertura (15 min);
- **2º Bloco:** Apresentações e Validação (40 min);
- **3º Bloco:** Dinâmica (40 min);
- **4º Bloco:** Soleiras vertentes (30 min);
- **5º Bloco:** Encerramento (5 min).

O primeiro evento (denominado de Grupo A) teve a participação de 15 pessoas (sem considerar os integrantes da AGPV, ANA e Profill), enquanto o Grupo B teve 28 participantes (sem considerar os integrantes da AGPV, ANA e Profill).

O procedimento adotado foi o de realizar comparações diretas (2 a 2) entre os quatro barramentos com melhores desempenhos nos dois rankings apresentados, através de dinâmica participativa (3º Bloco). Assim, o objetivo foi ordenar aqueles barramentos que representam intervenções que serão alvo de ações com vistas as suas implementações nos próximos anos. Nesse contexto, foram contemplados os seguintes barramentos: Água Limpa, Suçuapara, Sitio Novo e São Domingos.

Nas comparações diretas, afora o conjunto de indicadores considerados, foram focados alguns aspectos de maior relevância em termos de análise comparativa direta e no contexto da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande. Tais aspectos foram: localização na Bacia, atendimento a demandas atuais elevadas, estratégias de implantação, abrangência de benefícios, entre outros identificados pelos próprios participantes durante a realização da dinâmica.

Inicialmente, em razão do desempenho global destacado nos dois métodos considerados, o barramento de Água Limpa foi considerado o 1º colocado entre os quatro melhores selecionados. Com efeito, sua pontuação em termos de desempenho global mostra nítida vantagem em relação aos demais (ver Quadro 5.14).

Assim, a dinâmica comparativa foi realizada com os três barramentos remanescentes. Em um primeiro momento foram comparados, de forma direta e indicador a indicador, tais barramentos: Suçuapara x São Domingos; Suçuapara X Sitio Novo e São Domingos x Sitio Novo.

Na comparação direta, considerando os valores numéricos (não os escalares) dos indicadores de cada barramento, houve certo equilíbrio, sendo considerado “empate técnico” entre os três barramentos. O Quadro 5.18 mostra o resultado dessas comparações.

Quadro 5.18 - Comparação Direta entre Barramentos

Comparação	Barramento	Nº Indicadores Vantagem	Barramento	Nº Indicadores Vantagem
1ª	Suçupara	8	São Domingos	6
2ª	Suçupara	9	Sítio Novo	6
3ª	São Domingos	9	Sítio Novo	7

Obs.: em caso de empate foi contabilizado indicador vantajoso para os dois barramentos.

Uma vez que esses resultados não permitem identificar com certeza aqueles barramentos com maiores condições de desempenho, passou-se para a fase de análises mais específicas.

A primeira análise focou na questão de localização dos barramentos, tendo por objetivo identificar estratégias mais equânimes de implementação das intervenções, em termos espaciais. Foi apresentado o mapa com a localização dos barramentos (Figura 5.5) e aberta a participação aos presentes para manifestações.

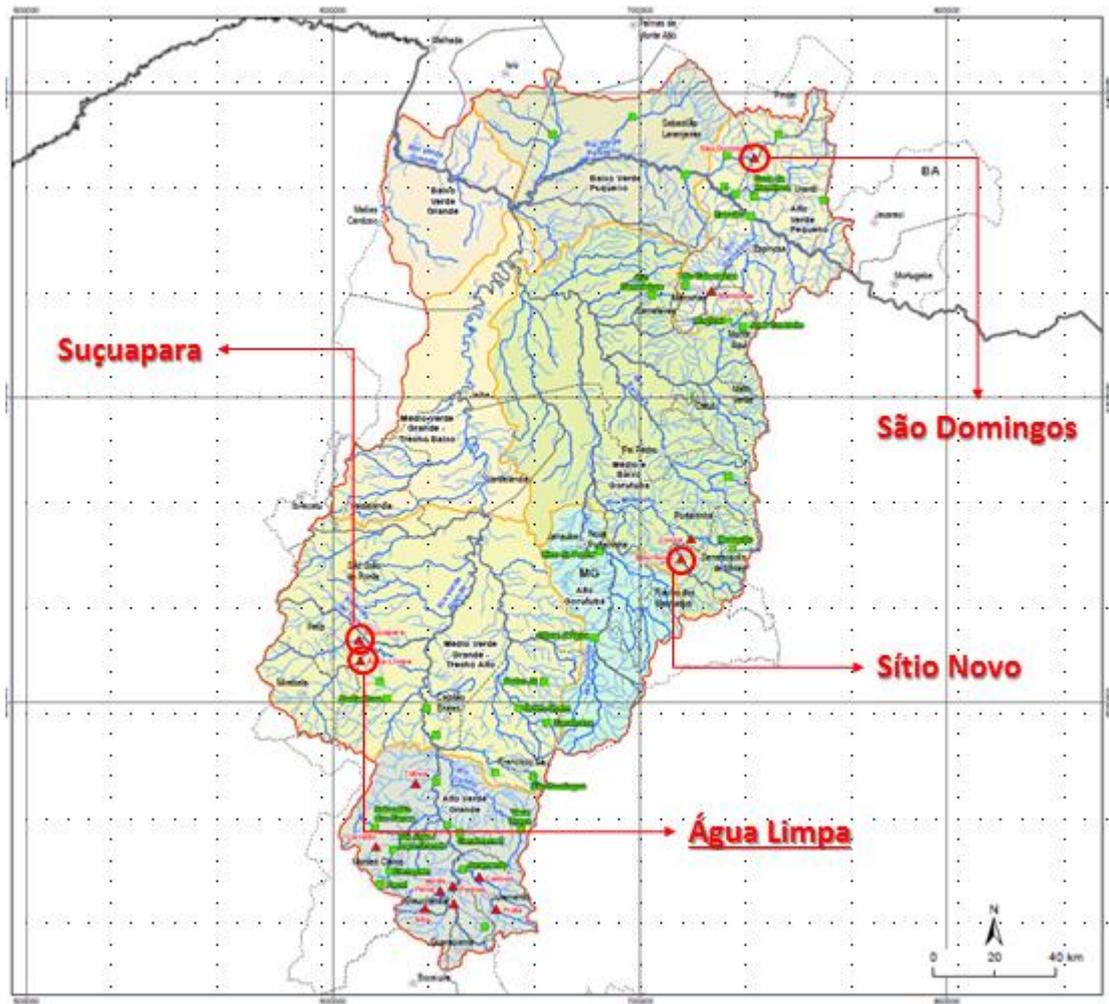


Figura 5.5 – Mapa de Localização dos Barramentos

A espacialização da localização dos barramentos, levou a considerações sobre as vantagens de não se concentrar barramentos em um mesmo compartimento da Bacia, trazendo vantagens para os barramentos São Domingos e Sítio Novo.

Na sequência foi analisada a questão de atendimento a demandas elevadas e atuais, sendo apresentado o mapa de demandas (Figura 5.6), elaborado na Nota Técnica 1.

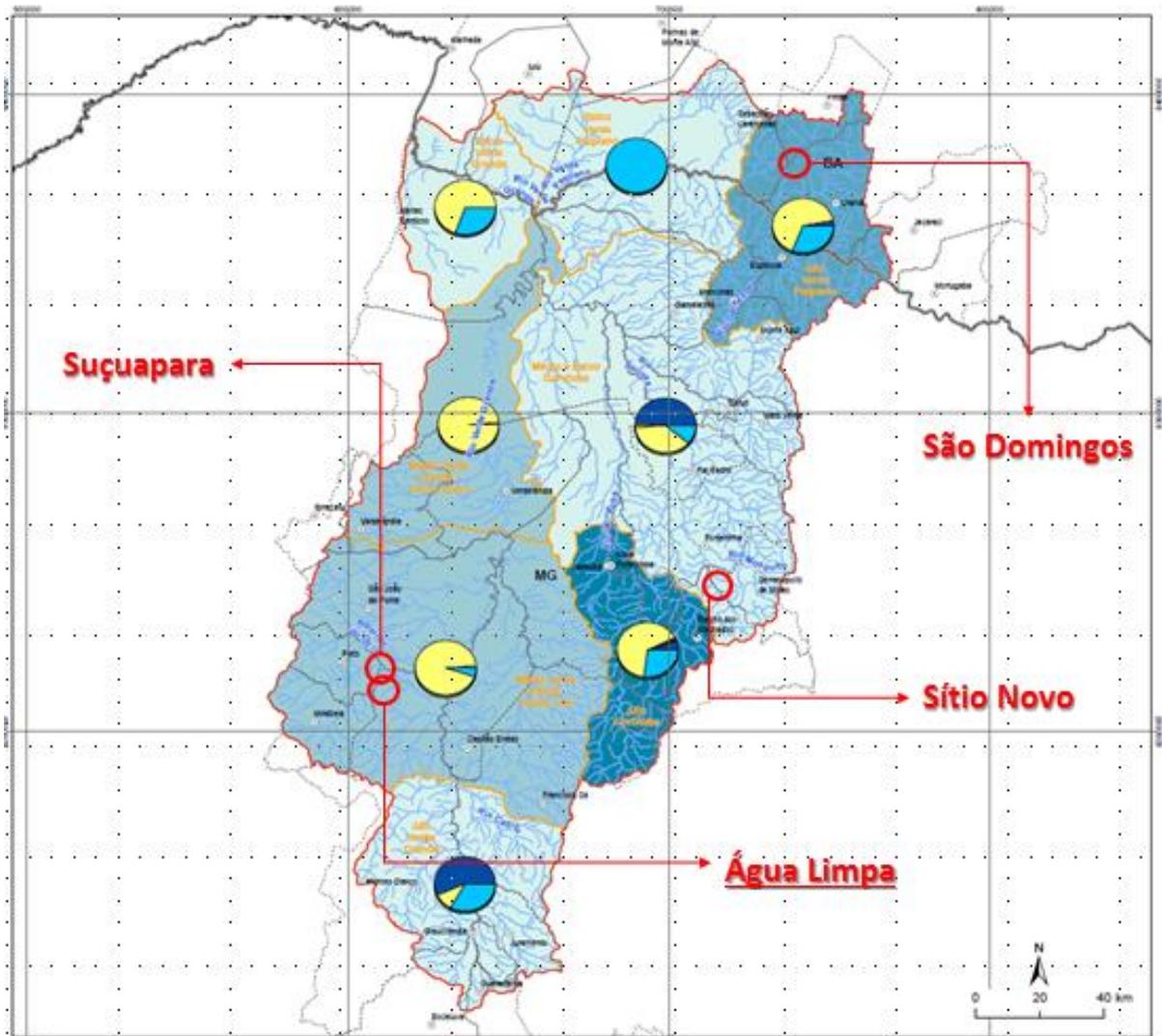


Figura 5.6 – Mapa de Intensidade de Demandas (fonte: Nota Técnica 1)

A análise de demandas mostrou que o compartimento da Bacia com maior demanda encontra-se onde está localizado o barramento de São Domingos, seguido de Suçupara e Sítio Novo.

Nesse ponto da dinâmica, os dois eventos seguiram caminhos próprios, o que era de se esperar, visto o grau de liberdade dado aos participantes para se manifestarem. Outras questões foram agregadas, como a estratégia de espalhar os benefícios decorrentes das regularizações de vazões e considerados, inclusive, questões estaduais e orçamentárias, visto que os barramentos estão localizados em dois estados (São Domingos na Bahia e os restantes em Minas Gerais).

O Quadro 5.19 mostra as possibilidades de priorização definidas em cada Grupo (evento). Note-se que no Grupo A foram consideradas quatro alternativas de priorização,

enquanto no Grupo B foram consideradas três alternativas (também contempladas pelo Grupo A).

Quadro 5.19 - Possibilidades de Priorização Definidas em cada Grupo

Grupo A			
Alt. A	Alt. B	Alt. C	Alt. D
1. Água Limpa	1. Água Limpa	1. Água Limpa	1. Água Limpa
2. Suçupara	2. São Domingos	2. São Domingos	2. Sítio Novo
3. Sítio Novo	3. Suçupara	3. Sítio Novo	3. São Domingos
4. São Domingos	4. Sítio Novo	4. Suçupara	4. Suçupara
Grupo B			
Alt. A	Alt. B	Alt. C	
1. Água Limpa	1. Água Limpa	1. Água Limpa	
2. Suçupara	2. São Domingos	2. Sítio Novo	
3. Sítio Novo	3. Sítio Novo	3. São Domingos	
4. São Domingos	4. Suçupara	4. Suçupara	

Como os eventos possuíam liberdade e independência de definir a relação de prioridades que considerasse mais adequada, por processos de votação, foram avaliadas cada alternativa, e escolhida aquela definidora da decisão do Grupo. O Quadro 5.20 mostra o resultado das votações em cada Grupo.

Quadro 5.20 - Votações para Escolha das Prioridades nos Grupos

Grupo	Votos			
	Alt. A	Alt. B	Alt. C	Alt. D
A	1	3	3	7
B	0	16	3	-

No Grupo A, foi decidido que a Alternativa D era a mais adequada, enquanto no Grupo B a Alternativa selecionada foi a B. O Quadro 5.21 mostra o resultado de cada Grupo (evento) em termos de priorização de implementação dos barramentos. Em que pese as decisões serem diferentes, há coincidência quanto ao primeiro e último barramentos hierarquizados (Água Limpa e Suçupara, respectivamente). Assim, a diferença restringe-se aos segundo e terceiro colocados (variando entre São Domingos e Sítio Novo). Essa questão será tratada no próximo capítulo.

Quadro 5.21 - Prioridades de Implantação Definidas nos Grupos – Barragens Propostas

Grupo A	Grupo B
1. Água Limpa	1. Água Limpa
2. Sítio Novo	2. São Domingos
3. São Domingos	3. Sítio Novo
4. Suçupara	4. Suçupara

Assim, entende-se que as Oficinas, realizadas com o objetivo de obter, através de dinâmica participativa com os atores estratégicos da Bacia, elementos que permitam definir as intervenções selecionadas e suas hierarquizações em termos de implantação, foram plenamente exitosas.

Ainda, foram levantadas questões quanto à questão geológica em relação à localização dos barramentos de Água Limpa e Suçupara, que poderiam estar em zona de carste, na qual podem ocorrer perdas consideráveis de água nos reservatórios. Essa questão será analisada no capítulo seguinte, utilizando-se o mapa geológico elaborado pela CPRM/ANA.

Por fim, o convite da 2ª Oficina de Trabalho, a apresentação em formato “Power Point”, a relação de participantes, bem como a memória do evento estão apresentados no Apêndice 2.

5.4 Contribuições Técnicas Recebidas Durante as Oficinas

Nas Oficinas foram recebidas diversas contribuições dos participantes, algumas delas com relação direta ao estudo ora desenvolvido, sendo destacadas as seguintes:

5.4.1 Sistema de Abastecimento de Água Ibiaí – Montes Claros

O Sistema Ibiaí – Montes Claros consiste em um sistema de adução de água, com captação no rio São Francisco (em Ibiaí), constituídas por sequência de estações de bombeamento e adutora, até alcançar o Sistema Pacuí, para a partir deste, abastecer a cidade de Montes Claros. As informações foram repassadas pelo eng. Roberto Luiz Botelho (COPASA):

Trata-se de projeto de Ampliação do Sistema de Abastecimento de Água da cidade de Montes Claros, através de captação de água no Rio Francisco. Em linhas gerais o projeto abrange um sistema adicional de abastecimento de água, incluindo captação, tratamento e uma adutora com comprimento de 92 km, a fim de garantir o abastecimento de água na cidade de Montes Claros e nas cidades e localidades situadas nas proximidades desta adutora, e, ao mesmo tempo, umentar significativamente a resiliência climática do sistema.

Como é de conhecimento amplo parte norte do estado de Minas Gerais passa continuamente por uma tendência de estiagem e aquecimento devido às variabilidades climáticas que estão cada vez

	<p>Tipo de Documento: Relatório Técnico</p> <p>P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO</p>	
<p>ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE</p>		

mais frequentes. Períodos secos prolongados estão se tornando mais frequentes e os períodos de chuvas ocorrem mais aleatoriamente e com precipitações mais concentradas, reduzindo assim a resiliência climática do atual sistema de abastecimento na região de Montes Claros.

Em função da grave estiagem que assola a região desde o final de 2014, foi implantado em outubro de 2015 o sistema de rodízio na distribuição de água em Montes Claros, tendo em vista que a vazão demandada pela população na ocasião era de 785 L/s e a produção máxima atingiu 690 L/s. Tal cenário impôs a implantação de obra de captação no Rio Pacuí, única alternativa identificada como capaz de ser concluída em tempo hábil para o enfrentamento da estiagem e evitar o colapso total das condições de abastecimento de água para a população de Montes Claros no ano 2018. Com a entrada em operação do sistema Pacuí, em setembro de 2018, este rodízio foi encerrado.

Entretanto, as precipitações do ciclo 2018/2019 não foram suficientes para que a barragem de Juramento, único sistema produtor que possui capacidade de armazenamento, atingisse um nível de reservação suficiente para garantir o pleno abastecimento da população de Montes Claros durante o período anual de estiagem. As capacidades de produção dos demais mananciais que abastecem a cidade, inclusive o Rio Pacuí, também foram impactados negativamente por este regime de precipitações. Diante deste cenário foi necessário restabelecer, em novembro de 2019, o rodízio no abastecimento de água da cidade de Montes Claros.

A solução para a garantia do pleno abastecimento da cidade de Montes Claros, no presente e no final da atual concessão (2047), é a implantação do Sistema São Francisco, que equilibrará a oferta com a demanda, mesmo nos cenários mais pessimistas de escassez hídrica.

Os eventos de chuvas aumentaram em intensidade durante a estação chuvosa em Minas Gerais. Embora exista alguma incerteza, os modelos climáticos regionais e globais indicam que a disponibilidade de água provavelmente diminuirá no norte do estado, enquanto se espera que eventos extremos de chuvas aumentem em gravidade e

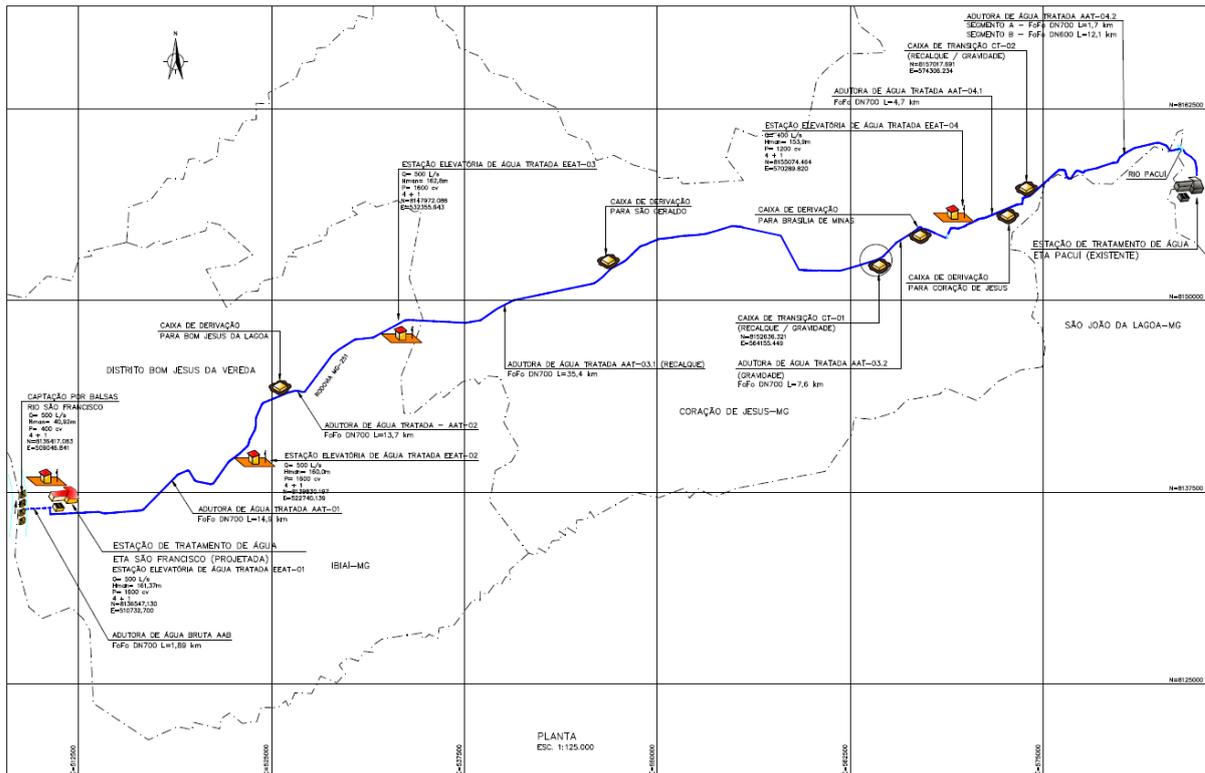
frequência. Desta forma um projeto como este visa justamente se preparar para estes cenários que na prática já assolam parte da população do norte e Minas Gerais e coloca o sistema atual em situação de emergência.

O projeto desenvolvido pela equipe de técnicos da COPASA tem expectativa de ser implantado em 2020/2021, cuja previsão é de um sistema com capacidade de 500 L/s por meio de captação de água por balsa no Rio São Francisco, localidade de Ibiaí, seguida pelo transporte da água bruta até a Estação de Tratamento de Água - ETA, também projetada em Ibiaí, e que na sequencia conduzirá a água tratada através de um sistema de adução composto por quatro Elevatórias de Água Tratada - EATs, projetadas em série até o reservatório existente situado na área de ETA Pacuí, que dista cerca de 92 Km do ponto originalmente de captação de Ibiaí. A partir deste ponto a água será direcionada até a cidade de Montes Claros, utilizando a estrutura já existente de adução e bombeamento do Sistema Pacuí.

O Sistema São Francisco também complementarará o abastecimento de água das cidades de Ibiaí e Coração de Jesus, bem como das demais localidades situadas nas proximidades da adutora, podendo ainda ser utilizado, caso necessário e numa segunda etapa de obras, para reforçar o abastecimento na cidade de Brasília de Minas.

A outorga emitida pela ANA, anexa, autoriza a captação de até 2.160,00 m³/hora.

A Figura 6.7 apresenta o arranjo geral do Sistema Ibiaí – Montes Claros, para o qual, com base nessas informações e nos custos unitários de energia considerados para as Transposições estudadas no âmbito deste contrato, foi calculado o custo com m³ aduzido, para fins de comparação com a Transposição Congonhas – Juramento.



Fonte: COPASA

Figura 5.7 – Sistema Ibiaí – Montes Claros

Considerando as potências instaladas nas estações de bombeamento e os volumes aduzidos, obteve-se um custo unitário de 0,36 R\$/m³, que equivale a três vezes o valor do custo da energia da Transposição Congonhas – Juramento (da ordem de 0,12 R\$/m³). Essa relação demonstra o caráter emergencial do Sistema em implantação pela COPASA, visto que sua sustentabilidade financeira, no longo prazo, se comparada com a referida Transposição, mostra-se desvantajosa.

5.4.2 Mapa Geológico da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande (CPRM/ANA)

Durante a realização da 1ª Oficina, a hidrogeóloga Maria Antonieta Brandão da CPRM informou sobre a realização de estudo geológico na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, com o desenvolvimento de mapeamento específico. Esse trabalho está sendo realizado em parceria com a ANA, no âmbito dos estudos para a implementação da gestão integrada de águas superficiais e subterrâneas na bacia hidrográfica do São Francisco: rio Verde Grande.

O mapa geológico abrange parte da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, bem como as estruturas cársticas, se restringindo à margem esquerda do rio. Quanto às feições cársticas, foram inseridas aquelas decorrentes do trabalho feito pela CPRM bem

	<p>Tipo de Documento: Relatório Técnico</p> <p>P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO</p>	
<p>ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE</p>		

como as obtidas em estudos anteriores ou no CANIE (banco de cavidades do Cecav_ICMBIO). As dolinas consistem tanto em pontos como em polígonos e foram obtidas por técnicas computacionais de tratamento de imagem de satélite ou por interpretação de imagem efetuada pelos pesquisadores. Naquele momento os técnicos da CPRM estavam trabalhando para homogeneizar a base de feições cársticas.

O Mapa 5.1 apresenta o produto (em elaboração) disponibilizado pela CPRM, com anuência da ANA, com o mapa geológico da margem esquerda do rio Verde Grande. Essa informação será considerada na continuidade dos estudos objeto deste contrato, conforme abordado nos capítulos seguintes deste relatório.

<p>Elaborado por:</p> 	<p>Nº da revisão: 02</p>	<p>Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P6_IOH_AvaliaçãoConjunta_REV02</p>	<p>70/155</p>
---	------------------------------	---	---------------

Mapa 5.1 – Mapa Geológico da Margem Esquerda do Rio Verde Grande

Legenda	
	Sede Municipal
	Rios principais
	Direção de Camada Invertida
	Dobra Anticlinal com Caimento
	Falha de Empurrão
	Falha e Fratura Indiferenciada
	Lineamento Estrutural
	Limite Municipal
	Limite Estadual
	Limite da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande
	Dolina
	Aluviões
	Depósitos colúvio-eluviais
	Depósitos aluvionares e de terraços; Depósitos aluvionares antigos
	Depósitos detrito-lateríticos
	Rochas carbonáticas
	Bambuí Indiviso
	Lagoa do Jacaré - Calcários
	Formação Lagoa do Jacaré
	Formação Sete Lagoas
Rochas Igneas	Rochas Igneas
	Complexo Porteirinha
	Complexo Santa Isabel
	Suíte Monzossienítica Guanambi
Rocha Sedimentares	Rocha Sedimentares
	Formação Jequitá
	Formação Serra de Santa Helena
	Formação Três Marias
	Grupo Diamantina
	Grupo Macaúbas Indiviso
	Grupo Uruçuia
Rocha metassedimentares	Rocha metassedimentares
	Grupo Oliveira dos Brejinhos
	Grupo Santo Onofre
	Licínio de Almeida (Sequência Metavulcanossedimentar)
	Riacho dos Machados (Sequência Metavulcanossedimentar)
	Supergrupo Espinhaço Meridional Indiviso
	Supergrupo Espinhaço Senterional Indiviso
	Urandi (Sequência Metavulcanossedimentar)



Informações

Fonte de dados:
 - Sede municipal: IBGE, 2017
 - Limite municipal: IBGE, 2017
 - Limite estadual: IBGE, 2017
 - Hidrografia: ANA, 2017 (BHO 5k)
 - Limite da Bacia do Verde Grande: ANA, 2013
 - Limite das Sub-bacias: ANA, 2013
 - Geologia e estruturas: Adaptado de Geobank (apud ANA, 2013) e CPRM, 2020
 - Dolinas: CPRM, 2020 e Profil, 2020

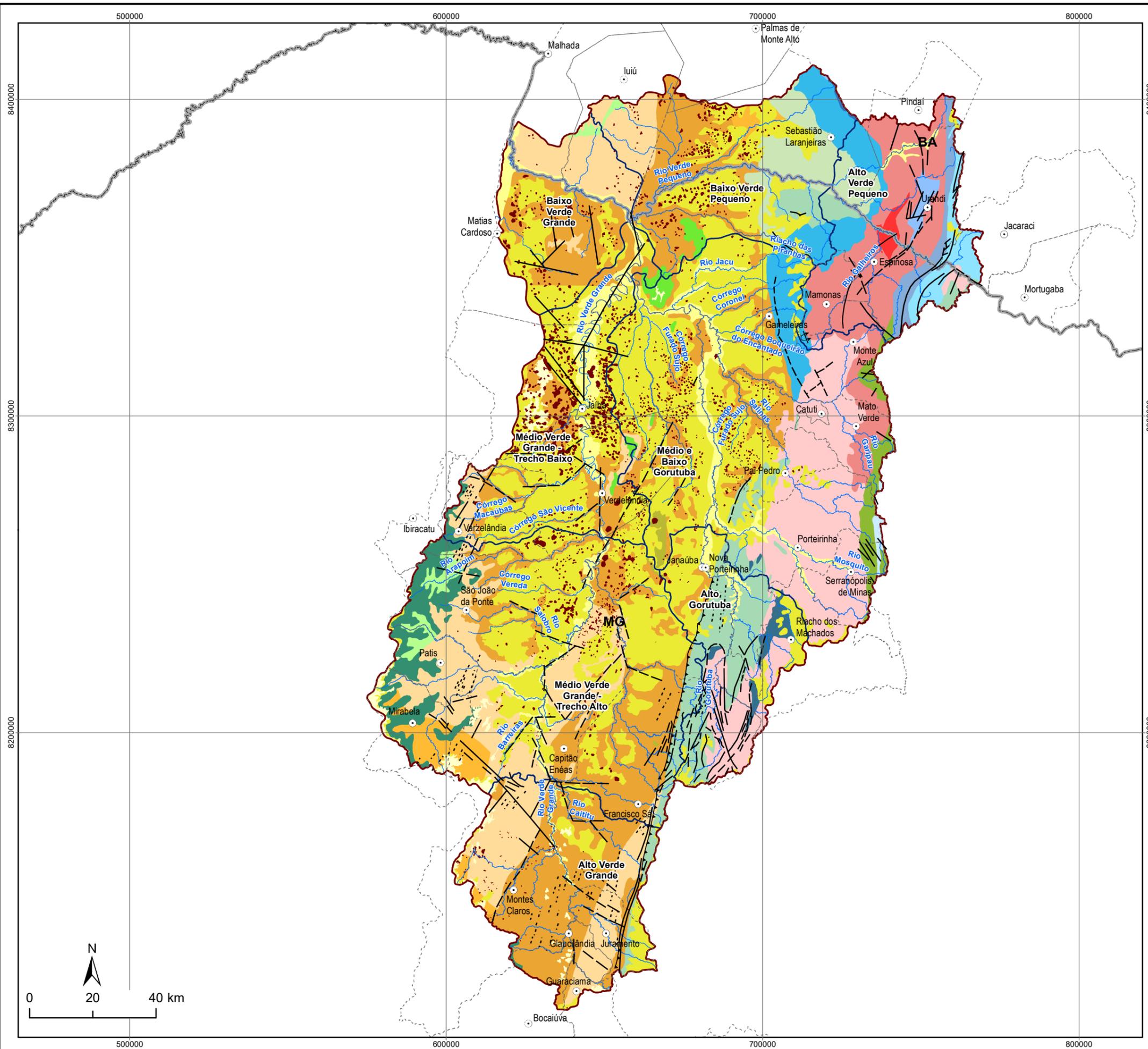
Sistema de Coordenadas UTM
 Datum SIRGAS2000
 Zona 23S
 Escala: 1:1.200.000

Dados do Projeto

Análise e proposta da melhor alternativa de **INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE** considerando ações de regularização e transposição de vazões entre bacias, apresentadas em seu Plano de Recursos Hídricos (PRH-Verde Grande)

P6 - Avaliação Conjunta das Soluções Abordadas e Definição de Cronograma para Implementação

Execução técnica Acompanhamento Realização



6 SELEÇÃO E HIERARQUIZAÇÃO DAS INTERVENÇÕES

O processo de seleção e priorização das intervenções a serem implementadas na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, com vistas ao incremento da oferta hídrica, objetivo principal deste estudo, foi alicerçado na determinação de indicadores de desempenho, na construção participativa de ponderadores e na aplicação de dinâmica para consolidar os resultados alcançados.

Nesse sentido, tem base técnica, por um lado, e social, por outro. Esse procedimento buscou alicerçar o estudo de forma mais ampla, de forma a captar questões estratégicas locais, normalmente não consideradas em estudos estritamente técnicos.

Os resultados dos estudos técnicos (Atividades A5, A6 e A7), amparados pelas dinâmicas sociais implementadas nas duas Oficinas realizadas, possibilitaram alcançar os resultados abordados neste capítulo.

Ainda, ao término deste capítulo, foi realizada análise de sensibilidade quanto à vazão regularizada pelos barramentos selecionados, utilizando séries históricas provenientes dos pontos de controle considerados no Marco Regulatório vigente para Bacia, localizados na calha do rio Verde Grande. Esse procedimento objetivou verificar possíveis diferenças entre as disponibilidades hídricas calculadas a partir de séries hidrológicas geradas de estações de cabeceiras (procedimento adotado no dimensionamento dos reservatórios) comparativamente a regularizações obtidas utilizando séries provenientes da calha do rio Verde Grande, associadas aos pontos de controle do Marco Regulatório.

Com relação aos balanços hídricos realizados para representar a situação da Bacia no caso da implantação das intervenções, de forma individualizada por natureza de intervenção ou combinada (intervenções selecionadas), a metodologia específica é apresentada no Capítulo 7.

Já quanto à definição das cronologias de implantação das intervenções selecionadas, foi considerada a priorização definida, com vistas a determinar a sequência de implantação. As transposições receberam preferência em relação aos barramentos por envolverem maiores benefícios diretos (as vazões incrementadas são significativamente maiores que as dos barramentos). Quanto à cronologia específica de cada intervenção foram considerados os aspectos relativos não apenas à implantação (execução das obras físicas), mas também para elaboração de estudos e projetos, para a aquisição das áreas e para o licenciamento ambiental. Os prazos considerados são apresentados no capítulo

	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

9, bem como os próprios cronogramas resultantes; para tanto, foram considerados os prazos usualmente verificados na implantação de intervenções similares, seja na natureza, seja no porte.

6.1 Barramentos Propostos no Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande

Os barramentos propostos no PRH Verde Grande, conforme já comentado anteriormente e estudados especificamente no relatório P3, em número de 14, são os seguintes:

- Peixe;
- Sítio;
- Pedras;
- Prata;
- Verde;
- Canoas;
- Cerrado;
- Tábua;
- Suçuapara;
- Água Limpa;
- Cocos;
- Sítio Novo;
- Mamonas; e
- São Domingos.

Tais barramentos foram avaliados, em termos de desempenho, sob as óticas técnica, financeira, social, ambiental e de segurança, através de indicadores específicos. Posteriormente, para possibilitar a determinação dos desempenhos globais individuais, foram determinados ponderadores para cada indicador, cujos valores foram construídos de forma participativa com atores estratégicos da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande. Na sequência, foram calculados os desempenhos globais com vistas a possibilitar comparações com o objetivo de identificar aqueles com melhores condições de viabilidade de implantação, buscando-se o incremento da oferta hídrica na Bacia.

Tendo em vista a capacidade de implementar tais intervenções e o conjunto de demais intervenções estudadas (notadamente das Transposições) o foco na 2ª Oficina

Elaborado por: 	Nº da revisão: 02	Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P6_IOH_AvaliaçãoConjunta_REV02	73/155
---	----------------------	---	--------

recaiu nos quatro barramentos melhores pontuados, entendendo-se que os demais 10 barramentos, deverão ou poderão ser implantados em futuro mais distante, após efetivados os benefícios decorrentes dos incrementos hídricos das intervenções preferenciais (os quatro melhores barramentos em termos de desempenho global e as duas transposições de vazões).

A seleção e priorização foram trabalhadas especificamente na 2ª Oficina. Por ter sido realizada em dois eventos distintos, os resultados em termos de priorização das quatro barragens propostas no PRH Verde Grande com melhores desempenhos globais apontaram duas possibilidades de priorização, conforme descrito no capítulo anterior. Ou seja, os dois grupos não convergiram em termos de definir uma única possibilidade de priorização.

Essas duas possibilidades são apresentadas no Quadro 6.1. Observa-se que duas posições (1º e 4º lugares) são coincidentes, restando duas divergências (2º e 3º lugares).

Quadro 6.1 - Possibilidades de Priorização para os Barramentos Propostos no PRH Verde Grande

Ordem	Grupo A (04/08/20 – 9h)	Grupo B (05/08/20 – 14:30h)
1º	Água Limpa	Água Limpa
2º	Sítio Novo	São Domingos
3º	São Domingos	Sítio Novo
4º	Suçupara	Suçupara

Para equacionar essa situação, duas alternativas se apresentam: uma, em que se valora (ou totaliza) a quantidade de votos em cada evento com vistas a definir qual das duas possibilidades será adotada; e outra, que concilia as duas priorizações estabelecendo uma igualdade de condições nos casos de divergências (ou seja, atendendo a ambos os grupos).

Na primeira alternativa, ao se somar os votos dos dois eventos, há prevalência de 19 a 10 votos em relação à decisão (priorização) do Grupo B. No entanto, entende-se que a adoção da segunda alternativa (conciliando as duas possibilidades) conduz a situação estrategicamente mais consistente e a uma estratégia de implantação mais robusta, permitindo duplos caminhos, o que confere maior versatilidade.

Essa conciliação das duas possibilidades de priorização estabelece uma igualdade de condições entre São Domingos e Sítio Novo, mantendo-se Água Limpa como o barramento a ser inicialmente implantado e Suçupara com o último deste primeiro grupo de barramentos mais viáveis. Nesse contexto, o sequenciamento de implantação para os barramentos propostos no PRH Verde Grande apresenta a seguinte configuração:

	<p>Tipo de Documento: Relatório Técnico</p> <p>P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO</p>	
<p>ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE</p>		

- 1º - Água Verde;
- 2º - Sítio Novo e São Domingos; e
- 3º - Suçuapara.

Contribui para a robustez e versatilidade dessa estratégia de priorização de implantação o fato de São Domingos estar localizado no Estado da Bahia, enquanto os demais três barramentos encontram-se em Minas Gerais, o que representa uma desconcentração regional e político-administrativa dos recursos financeiros necessários a serem aplicados.

Especificamente sobre as questões geológicas e hidrogeológicas relacionadas aos barramentos de Água Limpa e Suçuapara, que estão localizados sobre rochas da Formação Lagoa do Jacaré, constituídas, predominantemente, por calcarenitos, cabe análise mais pontual. Conforme mapeamento da CPRM (1:250.000), não ocorrem exclusivamente calcários nas áreas abrangidas pelas barragens. Com o objetivo de avaliar a influência geológica e o comportamento hidrogeológico nessas áreas, foi realizado estudo expedito específico, cujos resultados são apresentados no Apêndice 3.

Em termos de caracterização geológica dos locais de barramento em questão, não foram identificadas presença de dolinas visíveis e o litotipo calcário não está presente nos locais dos barramentos e respectivos reservatórios. Apesar dessas indicações inicialmente favoráveis, não há informações sub-superficiais, o que limitam as conclusões ora emitidas, apontando para a necessidade de realização de inspeção geotécnica preliminar.

Em termos hidrogeológicos, nos locais dos barramentos e reservatórios, o mapa potenciométrico regional mostra um gradiente hidráulico mais elevado que o do seu entorno, indicando uma menor condutividade hidráulica nestes locais. Ainda, a região dos barramentos e reservatórios foi caracterizada como área de descarga hidrogeológica, indicando um maior aporte hídrico subterrâneo para a rede de drenagem superficial. De forma generalizada, não deverão ocorrer elevadas condutividades hidráulicas nas fundações dos barramentos e caso ocorram deverão ser localizadas, o que possibilita a implementação de ações de tratamento e estanqueidade.

Especificamente para esses dois barramentos, deverão ser realizados os seguintes procedimentos com vistas a dirimir dúvidas quanto à efetiva estanqueidade das fundações: inspeção geotécnica dos locais de barramento e respectivos reservatórios e

<p>Elaborado por:</p> 	<p>Nº da revisão: 02</p>	<p>Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P6_IOH_AvaliaçãoConjunta_REV02</p>	<p>75/155</p>
---	------------------------------	---	---------------

planejamento e execução de investigação geotécnica através de levantamentos geofísicos, sondagens e ensaios hidráulicos.

Feito estes comentários específicos, para os demais 10 barramentos que não foram foco do presente esforço específico de priorização, é possível adotar hierarquização resultante dos cálculos dos respectivos desempenhos globais (adotando-se a média dos dois procedimentos referidos no capítulo anterior). O Quadro 6.2 apresenta a sequência resultante para esses barramentos.

Quadro 6.2 - Hierarquização dos Demais Barramentos Propostos no PRH Verde Grande

Ordem	Barragem	Desempenhos Globais		
		Compilação Votos	Média Três Eventos	Média
5º	Canoas	75,81	73,55	74,68
6º	Mamonas	76,24	69,32	72,78
7º	Pedras	73,55	70,31	71,93
8º	Cocos	73,38	69,27	71,32
9º	Prata	68,22	64,62	66,42
10º	Tábua	62,72	58,87	60,79
11º	Verde	61,99	57,89	59,94
12º	Peixe	52,67	50,94	51,80
13º	Cerrado	53,43	50,10	51,77
14º	Sítio	52,32	48,94	50,63

6.2 Transposições de Vazões Propostas no Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande

Conforme os resultados da Atividade A6, materializados no produto P4, foram determinados os indicadores técnicos, financeiros e sociais para as duas transposições consideradas: Congonhas – Juramento e Jaíba. Já a determinação dos ponderadores associados a esses indicadores recebeu abordagem metodológica similar à adotada para os barramentos propostos no PRH Verde Grande.

Assim, na 1ª Oficina, através da dinâmica participativa desenvolvida, foram determinados os ponderadores dos indicadores das Transposições. Os resultados são apresentados no Quadro 6.3, para os dois procedimentos de cálculo adotados (compilação dos votos e média dos três eventos).

Quadro 6.3 - Ponderadores Resultantes da 1ª Oficina – Transposições de Vazões

Ponderador	Compilação dos Votos	Média dos Três Eventos
Custo água transposta	20%	23%
Abrangência benefícios	40%	40%
Incremento hídrico nos PCs	40%	37%

A aplicação desses ponderadores aos indicadores anteriormente determinados (ver Quadro 5.4) é apresentada no Quadro 6.4.

Quadro 6.4 - Cálculo do Desempenho Global – Transposições de Vazões

Transposição	Pond. Financ.	Ind. Financ.	Pond. Tecn.	Indi. Tecn.	Pond. Social	Indi. Social	Desemp. Global
Procedimento – Compilação de Votos							
Congonhas-Juramento	0,20	80,00	0,40	92,00	0,40	65,00	78,80
Jaíba	0,20	100,00	0,40	100,00	0,40	65,00	86,00
Procedimento – Média dos Três Eventos							
Congonhas-Juramento	0,23	80,00	0,40	92,00	0,37	65,00	79,25
Jaíba	0,23	100,00	0,40	100,00	0,37	65,00	87,05

Pelos desempenhos globais calculados, fica nítida a vantagem da Transposição Jaíba sobre a Transposição Congonhas-Juramento, situação essa também verificada para cada indicador em separado.

Nesse sentido, é possível indicar a Transposição Jaíba como a primeira intervenção a ser implantada. Essa decisão faz sentido, ao se observar que para a implantação da Transposição Congonhas-Juramento ainda é necessário, antes, implantar a barragem do rio Congonhas, obra de vulto e que por sua própria natureza demanda estudos e ações de ordem social e ambiental, além de legais e financeiras, complexas e que demandam tempo para materialização. Também, o sistema de transposição de vazões para o rio Juramento encontra-se, ainda, em fase de estudos conceituais e de viabilidade, demandando maior aprofundamento técnico.

Por outro lado, a Transposição Jaíba também apresenta seus desafios, de ordem institucional e operacional, visto a necessidade de dirimir questões associadas aos equipamentos da estação de bombeamento EB-3 e ao custo efetivo de disponibilização da água no ponto de captação, conforme comentário realizado pela representante do DIJ2 na 2ª Oficina.

6.3 Inventário de Novos Locais de Barramentos

Conforme os resultados da Atividade A7, materializados no produto P5, foram determinados os indicadores técnicos, financeiros, social, ambiental e de segurança para os 13 barramentos inventariados nos dois compartimentos estudados (margem esquerda do Médio Verde Grande e margem direita do Médio-Baixo Gorutuba). Já a determinação dos ponderadores associados a esses indicadores recebeu abordagem metodológica similar à adotada para os barramentos propostos no PRH Verde Grande.

A abordagem adotada para os barramentos inventariados foi semelhante à utilizada para os barramentos propostos, havendo diferença apenas quanto aos indicadores considerados (mais restritos no presente caso).

O Quadro 6.5 apresenta os desempenhos globais dos 13 barramentos inventariados, conforme os dois grupos de ponderadores resultantes da 1ª Oficina. O cálculo desses desempenhos globais foi explanado no capítulo anterior.

Quadro 6.5 - Desempenhos Globais dos 13 Barramentos Inventariados

Barragem	Desempenhos Globais (ponderadores)	
	Compilação de Votos	Compilação de Votos
MEMVG – Margem Esquerda do Médio Verde Grande		
Córrego Vereda	77,02	75,23
Rio Arapaim	77,00	74,88
Córrego São Vicente	74,22	72,70
Córrego Macaúbas	69,47	66,18
Rio Salobro	66,62	63,18
Rio Barreiras	57,63	55,60
MDBMG – Margem Direita do Médio-Baixo Gorutuba		
Riacho Piranhas (montante Jacu)	73,96	74,62
Rio Serra Branca	72,69	71,09
Córrego Boqueirão do Encantado	71,70	70,39
Córrego Furado Sujo	65,27	64,19
Córrego Coronel	63,74	61,02
Rio Jacu	60,42	60,35
Rio Garipau	57,51	55,42

Observa-se que há coincidência de bons desempenhos em alguns barramentos, independente dos valores calculados pelos dois métodos. Assim, podem ser identificados os melhores desempenhos para os seguintes barramentos:

- na margem esquerda do Médio Verde Grande:
 - Córrego Vereda;
 - Rio Arapoim; e
 - Córrego São Vicente.
- na margem direita do Médio-Baixo Gorutuba:
 - Rio Serra Branca;
 - Córrego Boqueirão do Encantado; e
 - Riacho Piranhas (montante Jacu).

As diferenças numéricas não são suficientes para hierarquizar esses barramentos entre si, até porque o objetivo específico, para os barramentos inventariados, é indicar aqueles que apresentam possibilidades promissoras de incrementar oferta hídrica à Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande. Assim, a identificação de grupos de barramentos por compartimento, consiste no resultado esperado, sendo a continuidade dos estudos, aprofundando o conhecimento, a ação almejada para esse elenco selecionado.

6.4 Análise de Sensibilidade – Barramentos Propostos

A fim de comparar as capacidades de regularização dos reservatórios propostos selecionados, calculadas a partir das séries de vazões geradas com o MGB, com aquelas utilizadas para elaboração do Marco Regulatório (MR), foram utilizadas as séries originais de vazões reconstituídas adotadas no MR. Estas foram geradas para os locais das estações fluviométricas ao longo da calha do rio Verde Grande e do Ribeirão do Ouro.

Contudo, uma vez que essas séries reconstituídas disponibilizadas pela ANA apresentavam uma grande quantidade de falhas e período mais curto do que aquele adotado para o presente estudo (na simulação operacional dos reservatórios), foi necessário realizar um preenchimento dessas falhas e a extensão da série de dados. Para isso, foram buscadas correlações de vazões mensais entre aquelas séries disponibilizadas pela ANA com as geradas pelo próprio MGB.

O foco da presente análise de sensibilidade consiste em simular a operação dos reservatórios propostos selecionados, com base nas séries de vazões antes referidas, e compará-las com os resultados obtidos na proposição original da Projetista (relatório P3). Esse procedimento se concentra naqueles barramentos localizados em drenagens que afluem diretamente ao Verde Grande, nas áreas dominadas pelos Pontos de Controle e estações fluviométricas consideradas na elaboração do Marco Regulatório.

Dos quatro barramentos selecionados como prioritários nas Oficinas do IOH Verde Grande, dois drenam diretamente para o Verde Grande: Água Limpa e Suçuapara. Assim, não foram foco de atenção desta análise de sensibilidade os outros dois barramentos que drenam diretamente para os rios Verde Pequeno e Gorutuba, fora da área influenciada pelas estações consideradas no Marco Regulatório.

Para os dois barramentos de interesse desta análise de sensibilidade, Água Limpa e Suçuapara, optou-se por utilizar a correlação entre vazões com relação à estação Bom Jardim (44350000). Esta estação localiza-se no Ribeirão do Ouro, cuja bacia compreende o trecho no qual está proposto o barramento Suçuapara, e ainda, encontra-se geograficamente muito próxima ao local do barramento de Água Limpa, sendo a pluviometria, o relevo, tipo e usos dos solos muito parecidos entre ambos os locais de barramentos e da referida estação.

A série de dados fornecida, gerada a partir dessa estação, tem informações entre 01/11/1999 e 31/08/2013. Assim, para preencher as falhas e estender a série de dados disponibilizados da estação Bom Jardim, foram obtidas dessa as vazões médias mensais. O mesmo foi feito para a série de vazões gerada pelo MGB no mesmo local e ambas foram plotadas para buscar uma equação que pudesse correlacionar as duas. A Figura 6.1 apresenta ambas as séries, plotadas uma contra a outra, bem como a linha de tendência, r-quadrado e equação de ajuste. Percebe-se que houve uma alta correlação entre as séries, tendo sido a equação do tipo potencial a que apresentou o melhor coeficiente de ajuste entre elas, com r-quadrado de 0,87. A título de curiosidade, o ajuste através de uma equação linear simples fornece um r-quadrado de 0,81 para os mesmos dados.

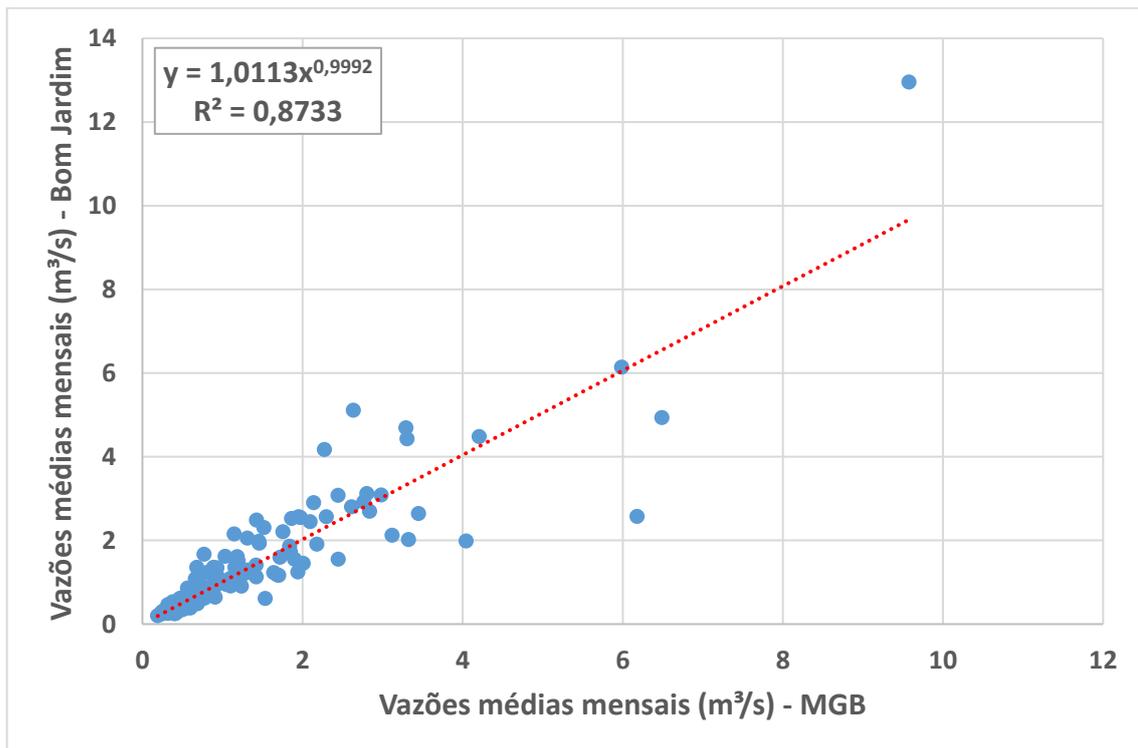


Figura 6.1 – Vazões médias mensais geradas pelo modelo MGB plotadas contra aquelas do mesmo local, reconstituídas e disponibilizadas, da estação Bom Jardim.

Com uso da equação potencial de ajuste apresentada, foi possível aplicá-la para toda série de vazões mensais gerada pelo MGB e garantir uma série sem falhas e que abrangesse todo período analisado. Após a obtenção dessa, foi feita uma regionalização pela diferença percentual de áreas de drenagem entre as dos locais dos barramentos com relação àquela do local da estação Bom Jardim. Com isso, foram geradas séries de vazões mensais para os locais das barragens de Água Limpa e Suçupara.

A partir dessas séries de vazões mensais, foram simulados novamente os reservatórios de Água Limpa e Suçupara, e os resultados comparados com aqueles obtidos originalmente nos estudos realizados no âmbito da Atividade A5 - Avaliação do Incremento da Oferta Hídrica para os Reservatórios Propostos no PRH Verde Grande (resultados apresentados no relatório P3).

Os resultados das simulações dos reservatórios Água Limpa e Suçupara, considerando as séries de vazões afluentes ajustadas conforme o procedimento aqui referido, são apresentados no Apêndice 4. Importante referir que essas simulações consideram os mesmos procedimentos adotados para os demais reservatórios, ou seja, dimensionamento do reservatório com vistas a atender vazão regularizada com 95% de garantia para série histórica com 30 anos.

O Quadro 6.6 apresenta um comparativo dos resultados, para os dois barramentos, tanto para a situação inicialmente simulada (relatório P3), quanto para a presente análise de sensibilidade.

Quadro 6.6 - Análise de Sensibilidade – Comparação de Resultados para os Barramentos Água Limpa e Suçuapara

Barramento	Parâmetro	Situação Simulada (m ³ /s)	
		Original (rel. P3)	Ajuste ao MR
Água Limpa	Qreg _{95%}	0,390	0,360
	Qnat _{95%}	0,142	0,128
	Qincr.	0,248	0,232
Suçuapara	Qreg _{95%}	0,292	0,287
	Qnat _{95%}	0,115	0,115
	Qincr.	0,177	0,172

Os resultados mostram que houve redução na vazão incrementada pelos dois barramentos, para garantia de 95%. No caso de Água Limpa, essa redução foi de 6,5% (de 0,248 m³/s para 0,232 m³/s), enquanto para Suçuapara a redução foi de 2,9% (de 0,177 m³/s para 0,172 m³/s). As reduções são limitadas, não impactando no desempenho desses barramentos em termos das análises comparativas realizadas com vistas a verificar méritos e subsidiar a seleção das intervenções com melhores condições de viabilidade comparativa.

As diferenças percentuais são aceitáveis no estágio atual dos estudos, sendo importante comentar que os valores finais relativos à regularização de cada barramento (e essa afirmação vale para todos os 27 barramentos estudados) serão obtidos através de estudos mais aprofundados, nas fases de projeto, notadamente no Projeto Básico, quando os estudos hidrológicos e topográficos deverão ser desenvolvidos com maior grau de detalhamento.

Inclusive, nesse sentido e considerando as limitações de informações hidrológicas locais, é recomendável a instalação de estações fluviométricas nos pontos pré-selecionados para esses barramentos, como de resto para os outros dois também selecionados (Sitio Novo e São Domingos), com vistas a se obter dados diretos e com maior fidelidade às realidades locais, mesmo que gerem séries temporalmente limitadas.

Em resumo, pode-se afirmar que os dois barramentos (Água Limpa e Suçuapara), após a realização da presente análise de sensibilidade, continuam apresentando condições de viabilidade comparativa, validando o processo de seleção e priorização realizado nas Oficinas.

7 BALANÇO HÍDRICO DAS INTERVENÇÕES SELECIONADAS

Para avaliar as alternativas de incremento da disponibilidade hídrica, através da implantação dos barramentos e/ou transposições elencadas no capítulo 6, é necessária a estimativa do ganho efetivo que estas intervenções teriam ao longo da bacia, uma vez que a existência de diversos usuários poderia rapidamente suprimir os benefícios a jusante daquelas.

Conforme descrito no Apêndice 5¹, foram geradas séries de vazões naturais para a Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande com uso do modelo chuva-vazão MGB. Tais séries foram utilizadas nas simulações para estimativa das vazões regularizadas pelos reservatórios propostos (Produtos 3 e 5)

As séries de vazões geradas também foram para subsídio aos balanços hídricos por trecho de rio, considerando cenários atual e futuros, que foram elaborados com uso do sistema de suporte à decisão WARM-GIS Tools (KAYSER & COLLISCHONN, W., 2013), descrito no Apêndice 6².

A seguir é descrita a elaboração dos cenários, atual e futuro, sem intervenções e, posteriormente, com diferentes combinações de intervenções para entender os benefícios que elas poderiam trazer para a bacia.

7.1 Elaboração do cenário atual e futuro

A partir das séries geradas para cada um dos trechos de aproximadamente 2 km de extensão, foi obtido um cenário de vazão de referência Q_{95} para toda a bacia para cada mês. Uma vez que o mês mais seco e que apresenta o maior número de demandas e, portanto, o de maior estresse hídrico, é o mês de setembro, a Q_{95} desse mês foi a adotada para montagem de todos os cenários de balanço hídrico com o WARM-GIS.

Além das vazões, a outra informação básica para a elaboração de um cenário de balanço hídrico no modelo WARM-GIS são as captações realizadas na bacia. Para incorporação dessa informação foi realizado o amplo trabalho descrito no P02 – Estudos

¹ O Apêndice 5 corresponde a NT-01 proposta no Plano de Trabalho, e elaborada durante o trabalho, para apresentar os Estudos de Disponibilidade Hídrica, através da modelagem chuva-vazão, com aplicação do modelo MGB.

² O Apêndice 6 corresponde parcialmente a NT-02 proposta no Plano de Trabalho, e elaborada durante o trabalho, para apresentar a metodologia dos Sistemas de Suporte a Decisão para Balanço Hídrico e Seleção de Alternativas.

de Demandas Hídricas. Nesse trabalho, mostrou-se que a base de outorgas do Cadastro de Usuários de Recursos Hídricos (CNARH40), de 2018, seria a melhor fonte de dados para aplicação do modelo devido à sua consistência e amplo número de cadastros existentes. No P02 ainda foram apresentadas as projeções das demandas até o ano de 2040, sendo estas as utilizadas para a elaboração do cenário futuro com o modelo WARM-GIS.

Com relação às demandas do CNARH40, existem as informações DE retiradas tanto do tipo de captação (superficial ou subterrânea) quanto das tipologias de finalidade do uso das captações. A seguir é descrito como cada uma dessas informações foi utilizada para a elaboração dos cenários.

7.1.1 Captações Subterrâneas

Com relação às captações subterrâneas, sabe-se que na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande há uma grande quantidade de usuários que possuem poços instalados muito próximos às calhas dos rios, principalmente do próprio Verde Grande. Uma vez que os cones de depressão dos poços poderiam afetar diretamente a vazão dos corpos hídricos, esses poderiam, com alguma ponderação, ser tratados como retiradas diretamente nos rios mais próximos.

Assim, a análise da influência do bombeamento subterrâneo nas vazões da rede de drenagem superficial, com vistas à modelagem hidrológica, utilizou os dados das captações cadastradas do CNARH40. A distância dos poços às drenagens foi determinada em sistema SIG, agregando-se esta informação à tabela original dos cadastros. Ainda, para todos os poços com informações de testes de bombeamento, realizou-se um preenchimento de falhas de dados de profundidade final, considerando-se nestes casos uma profundidade equivalente ao dobro do seu nível dinâmico. Após o preenchimento de falhas estimou-se o raio de influência atingido nos testes de bombeamento, obtendo-se inicialmente 207 poços com alguma interferência com a rede de drenagem.

Para a estimativa de parâmetros hidrogeológicos e raios de influência (Ri), considerou-se primeiramente, para uma aproximação inicial dos parâmetros hidrogeológicos e raios de influência, as seguintes premissas simplificadoras:

- Os aquíferos são livres, homogêneos e isotrópicos

- Os poços encontram-se em regime operacional estabilizado
- A espessura saturada (b) é igual a 2/3 da profundidade final dos poços
- A transmissividade (T) do aquífero é equivalente à vazão específica (Ce) em regime estabilizado
- O raio de influência (Ri) atingido nos testes de bombeamento pode ser estimado pela expressão empírica de Sichardt.

Aproximadamente 20% dos poços tubulares encontram-se em aluviões, muitos próximos às drenagens. As condutividades hidráulicas de Darcy (Figura 7.1), estimadas através da expressão de Dupuit & Forchheimer, situaram-se predominantemente entre $K=10^{-1}$ a 10^{-4} cm/s. Os menores valores, da ordem de $k=10^{-5}$ a 10^{-6} cm/s, correspondem aos complexos ígneo-metamórficos (aquíferos fissurais). Uma quantidade significativa de poços, muitos dos quais em aluviões, mostram rebaixamentos pequenos ou nulos para vazões elevadas, indicando uma alimentação franca (Figura 7.2), a qual pode ser tanto subterrânea como superficial.

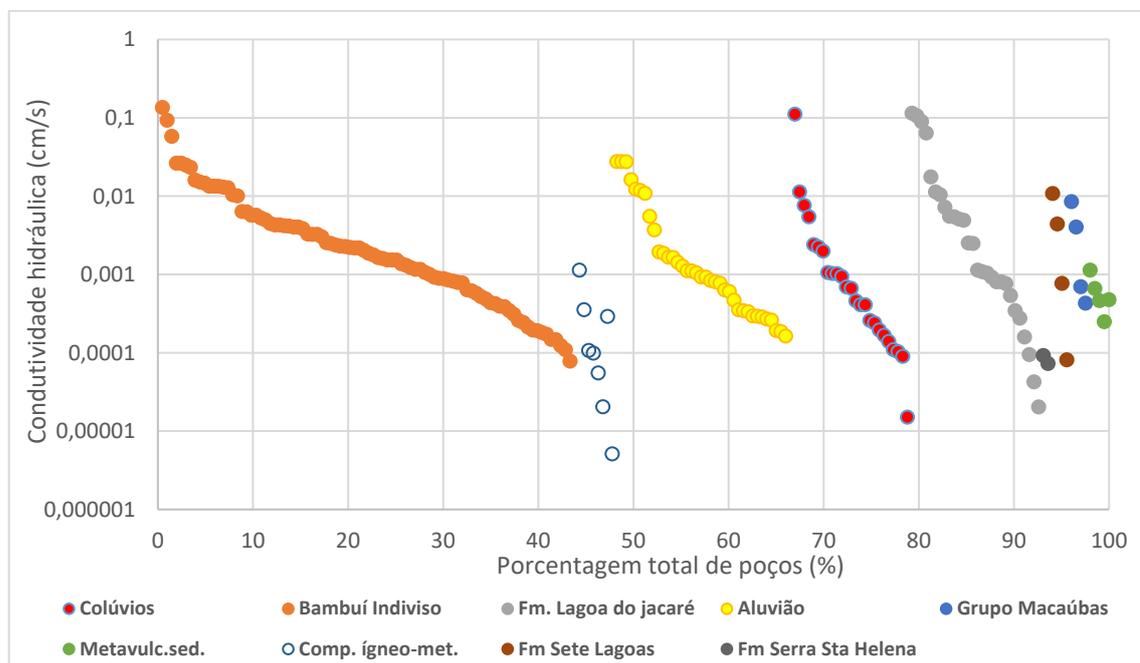


Figura 7.1 – Condutividades hidráulicas estimadas através da expressão de Dupuit & Forchheimer

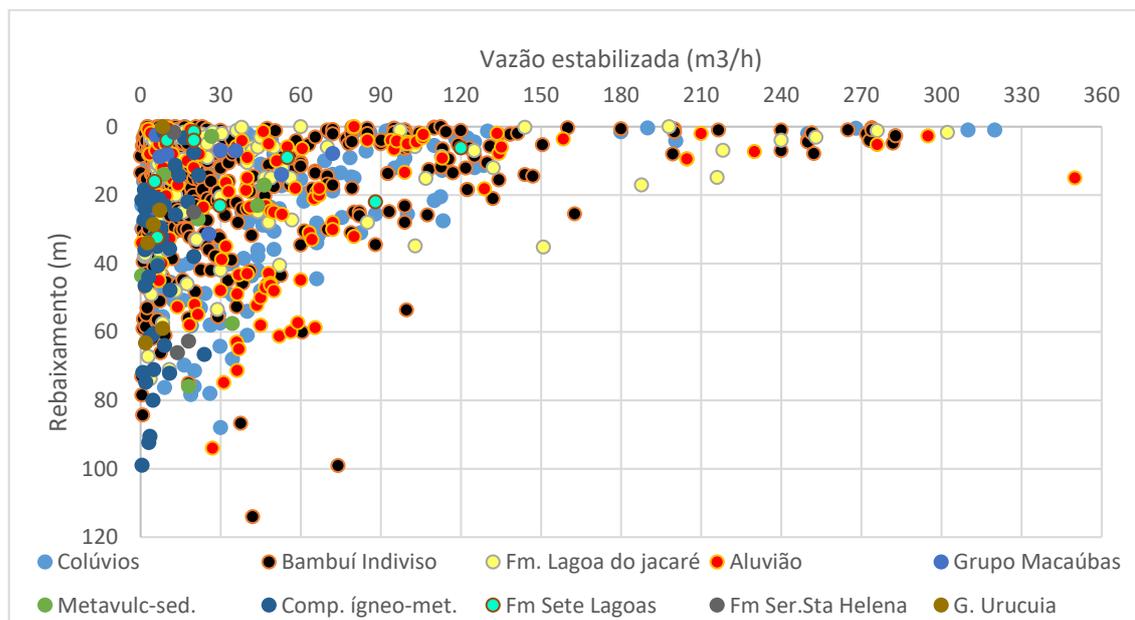


Figura 7.2 – Rebaixamento dos poços para a vazão estabilizada dos testes de bombeamento. Observa-se que uma quantidade significativa de poços apresenta vazões elevadas para rebaixamentos pequenos ou nulos.

Por fim, a estimativa da retirada de água das drenagens superficiais, a partir do bombeamento subterrâneo, considerou os poços cujas distâncias às drenagens são iguais ou inferiores ao raio de influência dos testes de bombeamento (207 poços). Para estimativa das perdas hídricas (Q_d) nas drenagens superficiais, por efeito do bombeamento subterrâneo, considerou-se uma seção de interferência com espessura média $B_d = 2\text{m}$ e o comprimento de drenagem interceptado pelo cone de depleção dos poços. Nestas seções, determinou-se a velocidade de Darcy (V_d) e as perdas hídricas (Q_d) nas drenagens, as quais são expressas como uma fração da vazão de bombeamento (Q_t) (Figura 7.3).

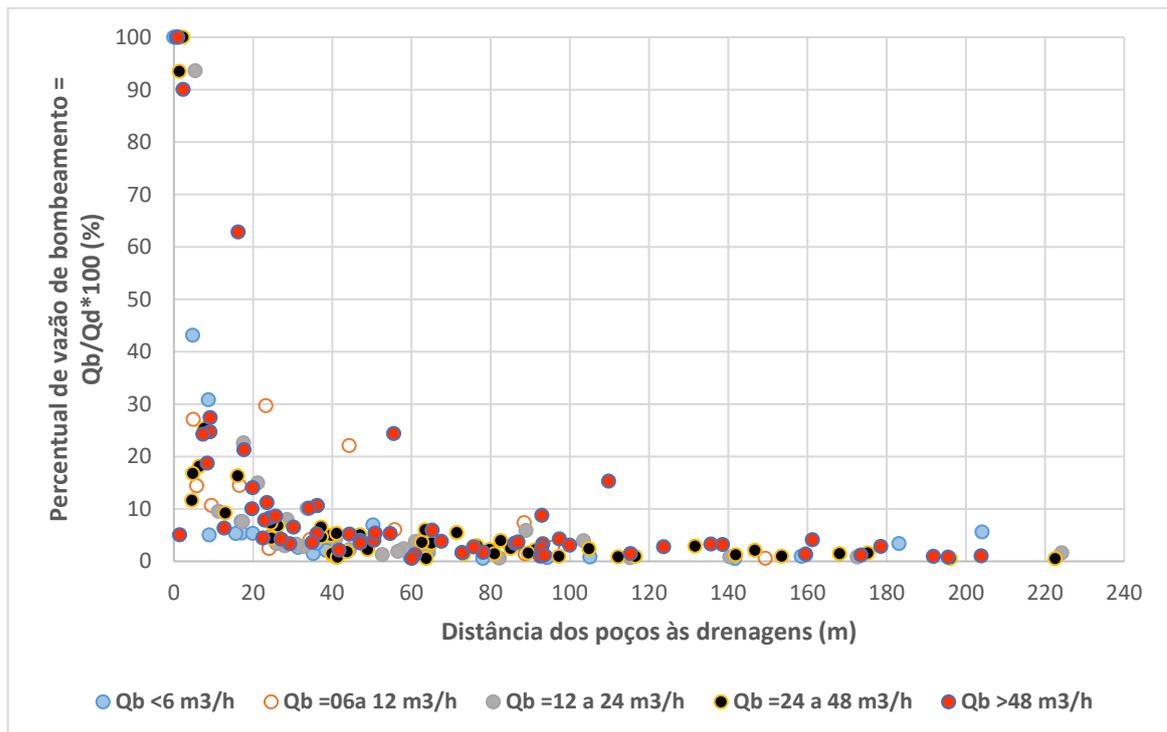


Figura 7.3 – Retirada de água das drenagens superficiais a partir do bombeamento subterrâneo (Q_d), expressa na forma de percentual das vazões de bombeamento dos poços (Q_t).

Observa-se que, a partir de uma distância da ordem de 40m, todos os poços apresentam um aumento generalizado da taxa de vazão subtraída de superfície (Q_d/Q_t), a qual aumenta exponencialmente com a proximidade às drenagens. Para distâncias entre 40m e 140m, com exceção dos poços de maior vazão, a vazão retirada de superfície (Q_d) normalmente não ultrapassa 5% da vazão de bombeamento (Q_t). A Figura 7.4 apresenta a espacialização das captações subterrâneas, com possíveis interferências na rede de drenagem mais próxima, bem como a faixa de vazão consumida.

Dessa maneira, à luz da explicação realizada de como cada ponto de captação subterrânea poderia influenciar a disponibilidade hídrica superficial, foi atribuída uma retirada superficial para cada ponto de captação subterrânea apresentada na Figura 7.4 que se encontra-se dentro da distância de influência considerada impactante sobre o curso hídrico, ou seja, até 140 metros. Com a metodologia apresentada, foi feita a ponderação de quanto seria captado por cada ponto da rede de drenagem próxima.

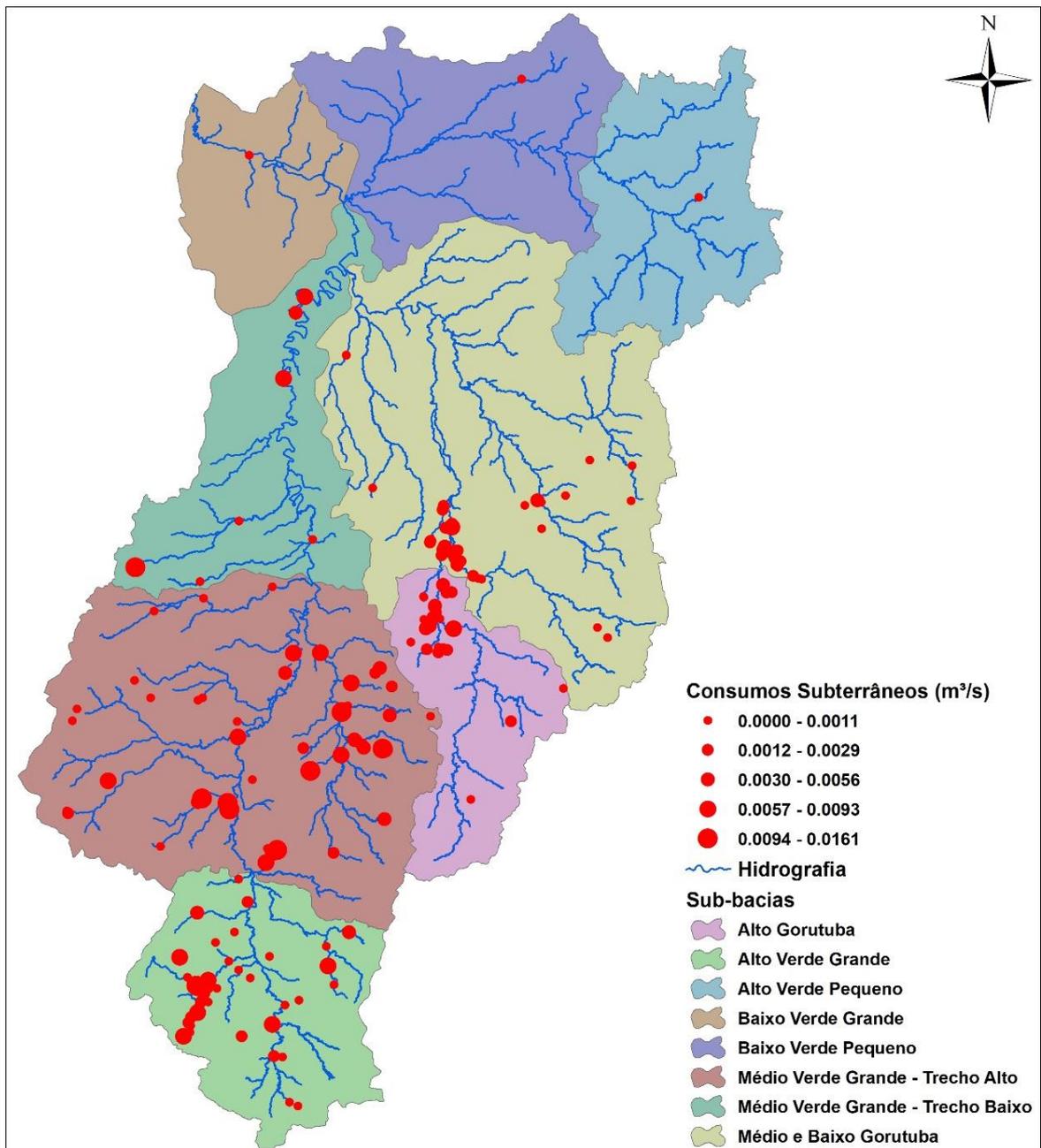


Figura 7.4 – Distribuição dos consumos com captações subterrâneas com possível interferência na rede de drenagem mais próxima.

7.1.2 Captações Superficiais

Com relação às captações superficiais, todas as existentes no CNARH foram consideradas e alocadas, no WARM-GIS, com 100% de retirada nos trechos pertencentes às minibacias onde se encontram os pontos de retirada. Em virtude da ausência de informações de como ou mesmo onde se dariam os retornos de cada captação, bem como possíveis perdas desse retorno por infiltração ou evaporação, não foram adotados no modelo nenhum índice de retorno para as captações, tornando o modelo, portanto, mais conservador em relação aos resultados de disponibilidade. A única exceção foi a captação para abastecimento de água para a cidade de Montes Claros. Isso porque a captação para essa cidade ocorre longe da mesma e em grande quantidade, no reservatório Juramento. Foi levantada a informação através do Atlas de Saneamento de que praticamente todo lançamento do município de Montes Claros ocorre no Rio do Vieira, possuindo valor de 0,385 m³/s. Assim, foi inserido no modelo WARM-GIS o lançamento nesse rio, próximo à sede do município.

A Figura 7.5 mostra a distribuição espacial das captações superficiais na bacia. Percebe-se o alto número de usuários localizados às margens do rio Verde Grande, do rio Gorutuba e dos reservatórios Estreito e Cova da Mandioca.

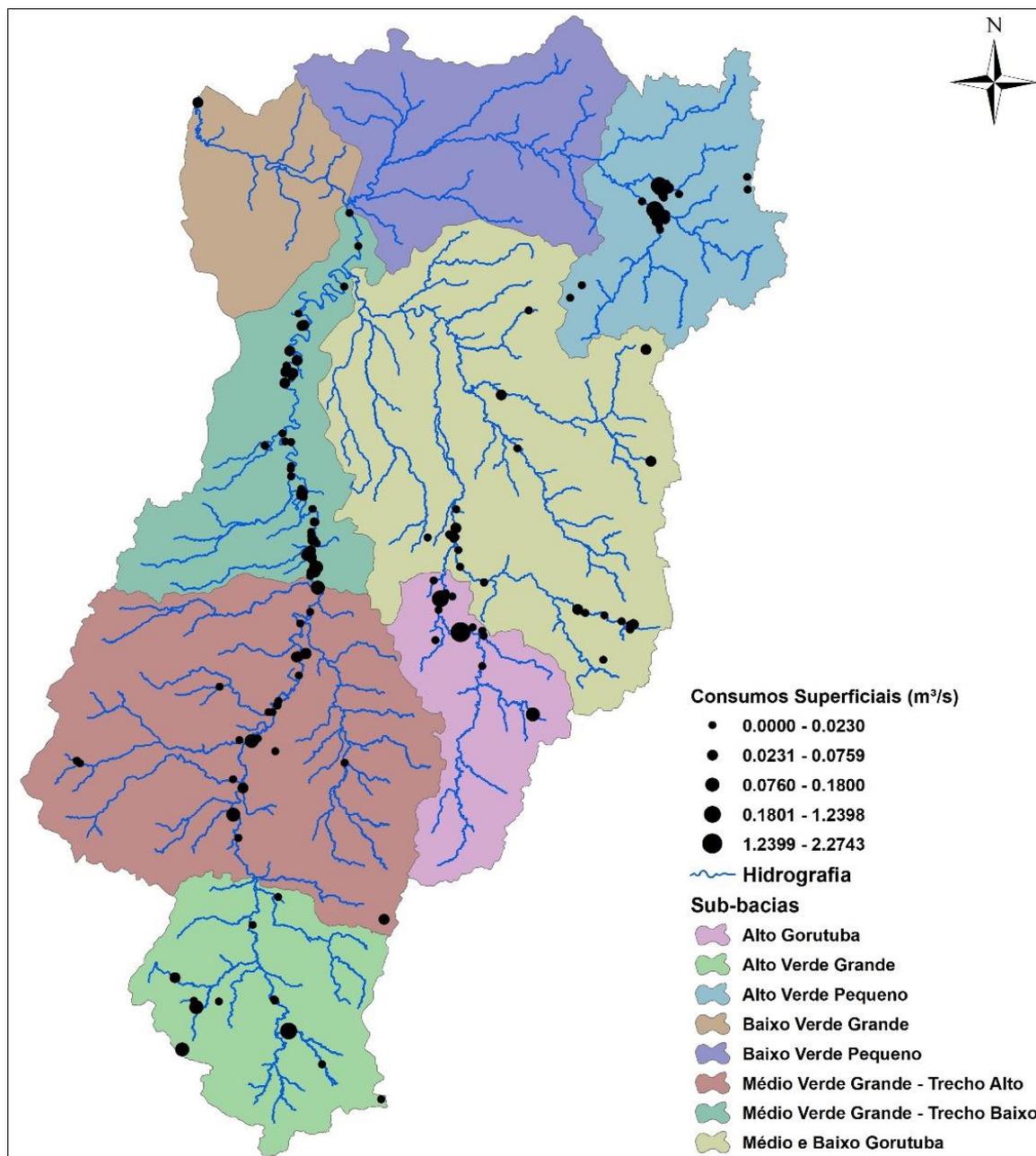


Figura 7.5 – Distribuição dos consumos com captações superficiais.

7.2 Resultados das cenas atual e futura sem intervenções

De posse das vazões de referência em cada trecho da rede de drenagem discretizada e com os consumos (retiradas – retornos), atuais e projetados, foi possível montar as cenas atual (2018) e futura (2040) no modelo WARM-GIS. As únicas informações adicionais, além daquelas, foram as vazões regularizadas pelos grandes reservatórios existentes na bacia.

Essas informações foram obtidas a partir do estudo realizado pela ANA (2017) que forneceu as vazões regularizadas com 95% de garantia para os reservatórios Estreito, Cova da Mandioca e Bico da Pedra. As vazões regularizadas foram, portanto, 1,406 m³/s em Estreito, 0,102 m³/s em Cova da Mandioca e 1,0 m³/s em Bico da Pedra. Assim, foi possível montar e rodar o modelo WARM-GIS.

Os resultados do modelo são fornecidos na forma do índice de Estresse Hídrico (IEH) por trecho de rio. Este índice nada mais é do que a vazão disponível do trecho do rio, ou seja, sem as demandas, menos a vazão remanescente no trecho após a retirada das demandas, dividido pela mesma vazão disponível. Dessa forma o resultado se dá na forma de porcentagem da vazão remanescente em relação à vazão sem retiradas, que no caso, para fins de comparação entre as diferentes obras propostas em uma situação de escassez hídrica, foi adotada a vazão de referência Q95 do mês de setembro. O IEH é, portanto, calculado como:

$$IEH = \frac{Q_{disp} - Q_f}{Q_{disp}}$$

Onde Q_{disp} é a vazão disponível, representada pela vazão natural acrescida do efeito dos reservatórios e transposições, e Q_f é a vazão remanescente final da minibacia.

Assim, a Figura 7.6 apresenta os resultados dos IEHs para as cenas atual e futura. Percebe-se nitidamente o aumento no cenário futuro do estresse hídrico ao longo da calha do Verde Grande, local onde há grande concentração de usuários com captação superficial voltada para a irrigação. Enquanto no cenário atual os valores de IEH na ordem de 90% na calha do Verde Grande ocorrem apenas próximo e a jusante de Verdelândia, no cenário futuro valores dessa ordem de grandeza começam a surgir já a partir de Capitão Enéas, ou seja, há valores de estresse hídrico altos em uma extensão muito maior do Verde Grande no cenário futuro. Essa situação se observa na calha do rio até chegar na confluência com o rio Verde Pequeno. Esse, por sua vez, apresenta baixo IEH devido à baixa presença de usuários cadastrados na base do CNARH40, como pode ser observado na Figura 7.4 e Figura 7.5. Ali, os índices de estresse só são altos próximo aos reservatórios de Estreito e Cova da Mandioca devido à alta concentração de usuários, mas que são atendidos pela vazão regularizada dessas barragens.

Além do rio Verde Grande, o cenário de estresse hídrico também é ampliado em alguns de seus afluentes na cena futura. Na porção baixa do rio Quem-quem, por exemplo, o IEH passa de 22% em 2018 para 36% em 2040. Na parte alta do rio

Suçupara, afluente do Ribeirão do Ouro, também são observadas mudanças no IEH na mesma proporção, passando de 21% em 2018 para 36% e 40% em 2040.

Se a previsão de índices de estresse hídrico na faixa dos 90% ao longo do Verde Grande ao longo dos próximos anos durante os meses mais secos se confirmar os resultados seriam terríveis para os moradores da bacia, principalmente para os irrigantes que captam ao longo do rio. Nesse contexto, serão avaliados a seguir os benefícios que as obras propostas e hierarquizadas trariam para amenizar essa situação.

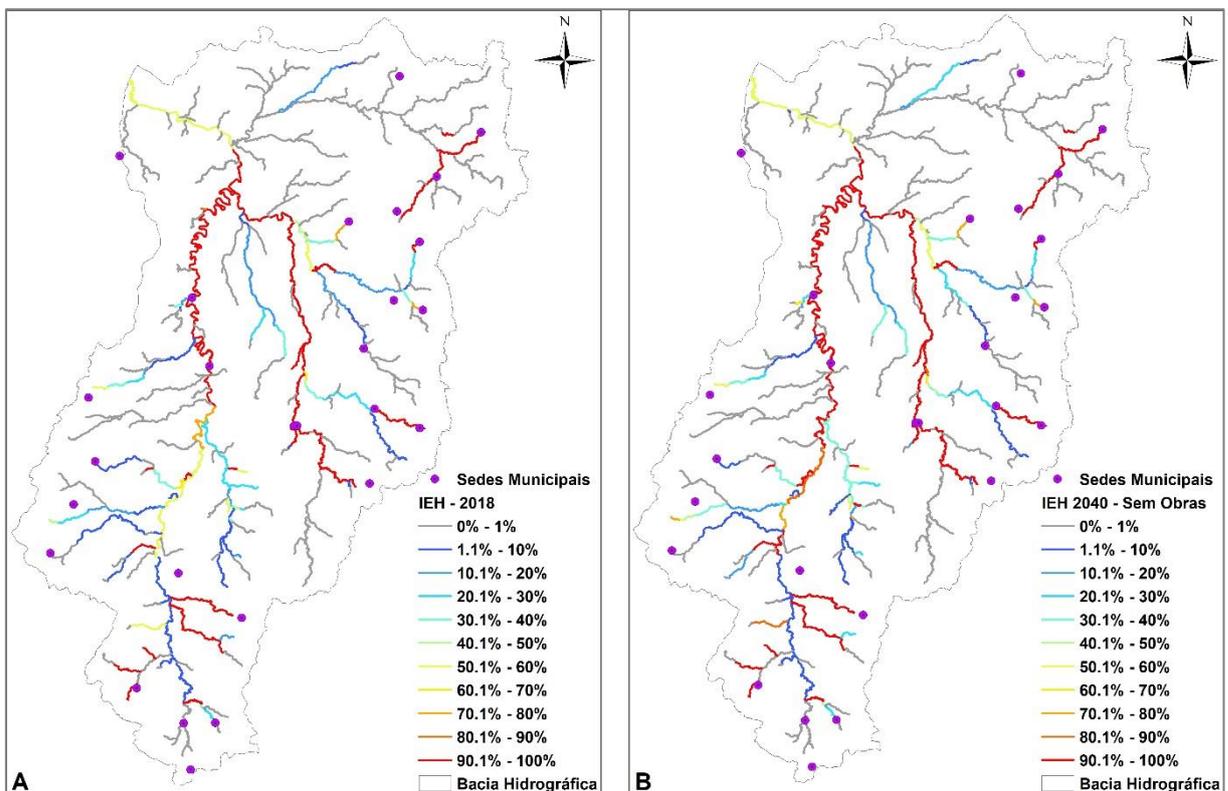


Figura 7.6 – Balanço hídrico no cenário atual - 2018 (a) e no cenário futuro - 2040 (b).

7.3 Barramentos Selecionados e Hierarquizados

Com o modelo montado para o cenário futuro, foi possível inserir os barramentos selecionados e hierarquizados, apresentados no Capítulo 6, para analisar os possíveis benefícios que esses trariam à bacia. A seguir são apresentados esses cenários com as intervenções.

7.3.1 Barragem Água Limpa

A barragem Água Limpa ficaria localizada no rio Canabrava, no município de Montes Claros, e teria uma vazão regularizada de 0,390 m³/s de acordo com as simulações apresentadas no presente estudo. Essa barragem foi inserida no cenário futuro como uma

vazão substituída no trecho onde seria instalada. A Figura 7.8 apresenta os resultados dos Índices de Estresse Hídricos projetados para o ano de 2040 sem intervenções, com intervenções, e também as diferenças entre as vazões remanescentes entre esses dois cenários.

Percebe-se que a inclusão desse barramento acarretaria a melhora perceptível do IEH no rio Canabrava, onde o barramento se encontra, até uma extensão de aproximadamente 61 km no rio Verde Grande. Nesse local do rio Verde Grande existe uma alta demanda de ao menos 6 usuários cadastrados que na simulação com o modelo WARM-GIS consomem o benefício advindo da obra, enquanto aqueles a montante captam uma quantidade muito pequena cuja vazão natural e incremental da bacia seria capaz de atender sem a necessidade do barramento. Por esse motivo a diferença de vazão remanescente apresentada na Figura 7.8 (c) permanece constante em aproximadamente 0,290 m³/s até chegar a esse local de alta demanda no Verde Grande.

Ao todo, as melhorias nos IEHs decorrentes da implantação da barragem Água Limpa ocorreriam ao longo de aproximadamente 97 km de rio. A Figura 7.7 apresenta o número de trechos acumulados, de 2km cada, daqueles que sofreram alteração, que superam cada um dos limites de IEH dispostos no eixo x, no cenário com e sem o barramento. No total, foram 48 trechos nesse caso que sofreram alteração do IEH devido ao barramento. Percebe-se que no cenário sem intervenção aproximadamente 29 trechos alcançam ou superam a marca de 80% do IEH, sendo que 22 trechos superam 90% de estresse. Já no cenário com a barragem Água Limpa, nenhum dos trechos que sofreram alteração possuem IEH superior a 80%.

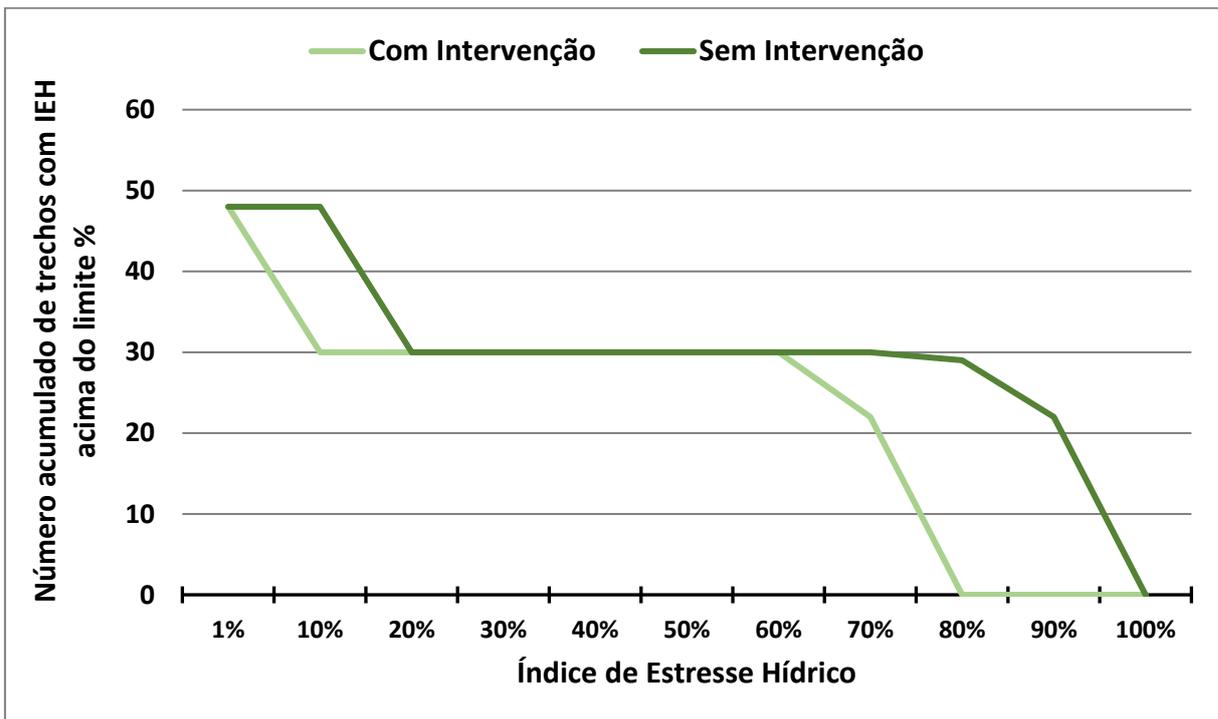


Figura 7.7 – IEHs nos subtrechos onde ocorrem modificações do cenário futuro sem intervenções e o com a inclusão da barragem Água Limpa.

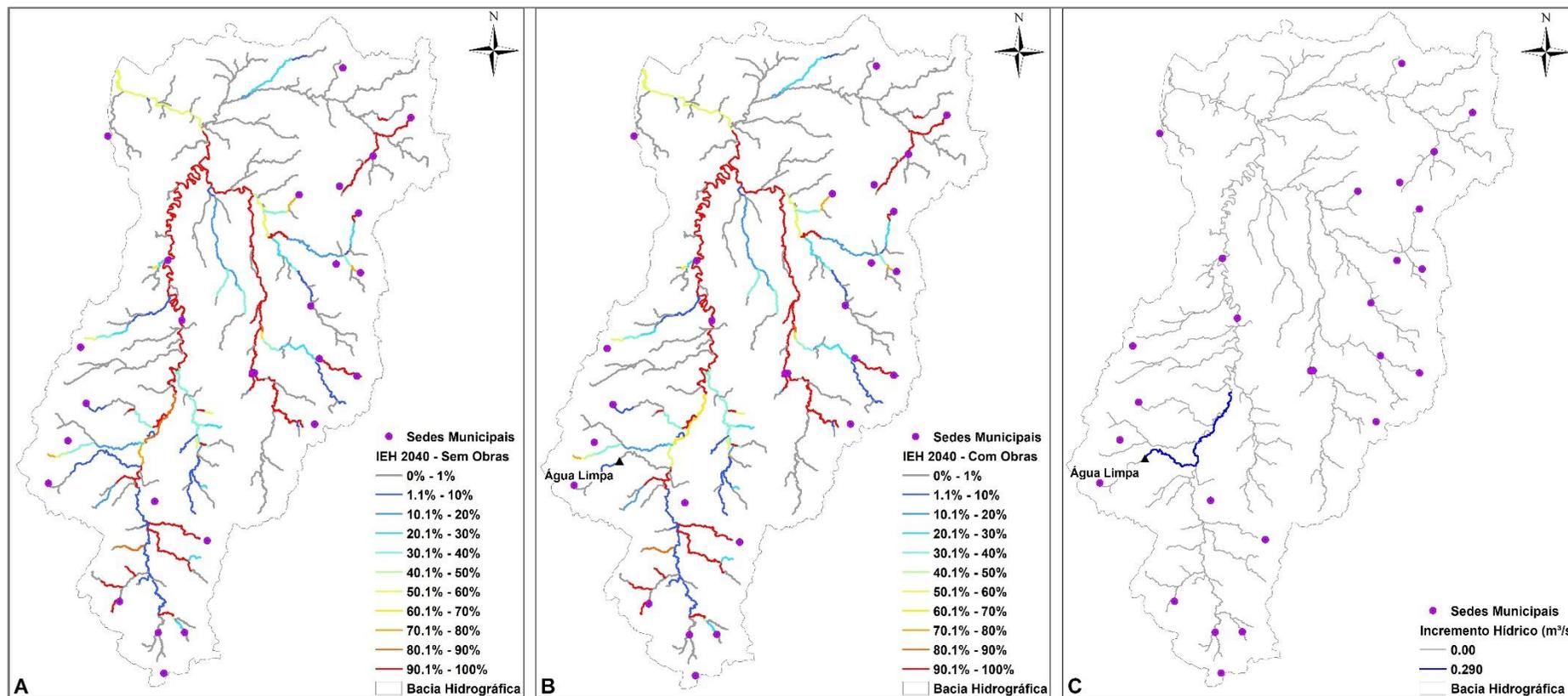


Figura 7.8 – Índices de Estresse Hídricos no cenário futuro sem intervenções(a), no cenário com a inclusão de Água Limpa (b); e diferenças entre os dois cenários (c).

7.3.2 Barragem São Domingos

A barragem São Domingos ficaria localizada no rio São Domingos, no município de Urandi, e teria uma vazão regularizada de 0,580 m³/s de acordo com as simulações apresentadas no presente estudo. A Figura 7.9 apresenta os resultados dos Índices de Estresse Hídricos projetados para o ano de 2040 sem intervenções, com intervenções e também as diferenças de vazões remanescentes entre esses dois cenários.

Percebe-se que a inclusão desse barramento não acarretaria melhoras significativas no IEH em virtude da ausência de uma grande quantidade de usuários cadastrados ao longo da calha do rio Verde Pequeno. Dessa forma, de acordo com o modelo de balanço hídrico, o acréscimo de vazão se propagaria praticamente inalterado até a confluência com o rio Verde Grande, onde passa a ocorrer uma pequena melhoria do IEH. O benefício da vazão adicional se daria ao longo de 176km, até o exutório da bacia. Durante os 74km desse trecho no Verde Grande, o IEH muda da faixa de 50-60% para 40-50%.

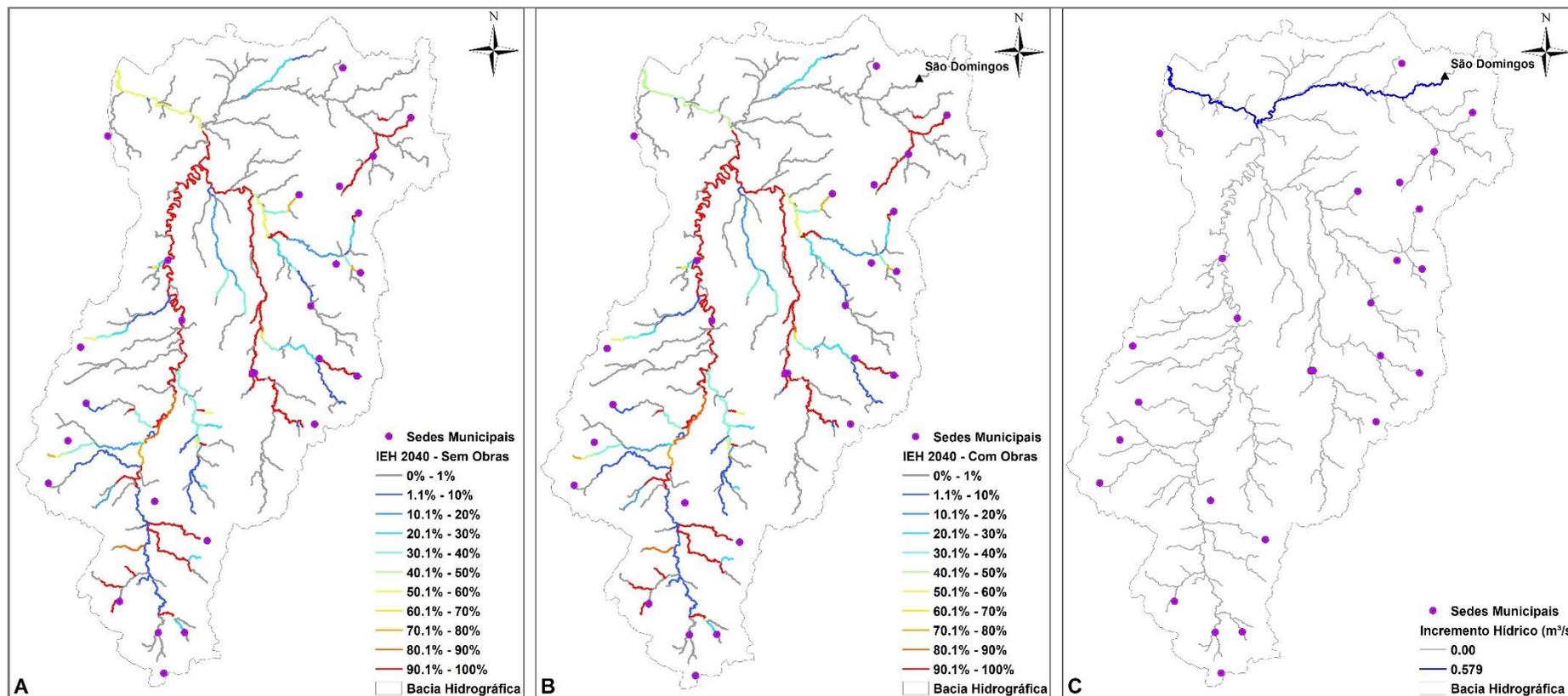


Figura 7.9 – Índices de Estresse Hídricos no cenário futuro sem intervenções(a), no cenário com a inclusão de São Domingos (b); e diferença entre as vazões remanescentes nos dois cenários (c).

7.3.3 Barragem Sítio Novo

A barragem Sítio Novo, caso instalada, ficaria localizada no ribeirão Sítio Novo, no município de Porteirinha, e teria uma vazão regularizada de 0,51 m³/s de acordo com as simulações apresentadas no presente estudo. A Figura 7.11 apresenta os resultados dos Índices de Estresse Hídricos projetados para o ano de 2040 sem intervenções, com intervenções e, também, as diferenças de vazões remanescentes entre esses dois cenários.

Percebe-se que a inclusão desse barramento acarretaria a melhoras significativas do IEH ao longo do rio Mosquito, onde se encontra o barramento, onde a diferença de vazão adicional seria de aproximadamente 0,492 m³/s com relação ao cenário futuro sem alterações. Benefícios ainda são percebidos no trecho baixo do rio Gorutuba, após a confluência dos dois rios, sendo essas mudanças perceptíveis até o exutório da bacia. A partir da confluência com o rio Gorutuba parte do benefício da vazão adicional é consumida pelos usuários, mas mesmo assim segue muitos quilômetros a jusante. No rio Mosquito, a redução do IEH próximo ao seu exutório chega a ser de mais de 60%. A partir da entrada no rio Gorutuba, deixam de existir uma grande quantidade de usuários cadastrados e o benefício da vazão remanescente permanece constante até o exutório do Verde Grande, como é mostrado na Figura 7.11(c).

Ao todo, mudanças com relação ao cenário sem intervenções são percebidas ao longo de 293km de rio, sendo desses 185km ao longo do rio Gorutuba. A Figura 7.10 apresenta o número de trechos acumulados, daqueles que sofreram alteração, que superam cada um dos limites de IEH dispostos no eixo x, no cenário com e sem o barramento. No total, foram 144 trechos nesse caso que sofreram alteração do IEH devido ao barramento. Percebe-se que no cenário sem intervenção aproximadamente 79 trechos alcançam ou superam a marca de 80% do IEH. Já no cenário com a barragem Sítio Novo, apenas 1 dos trechos que sofreram alteração possuem IEH superior a 80%, ficando 67 trechos com IEH igual ou superior a 70%. Nota-se ainda um número significativo de trechos que passam a possuir IEH de até 10% no cenário com o barramento, totalizando 30 trechos de 2km cada.

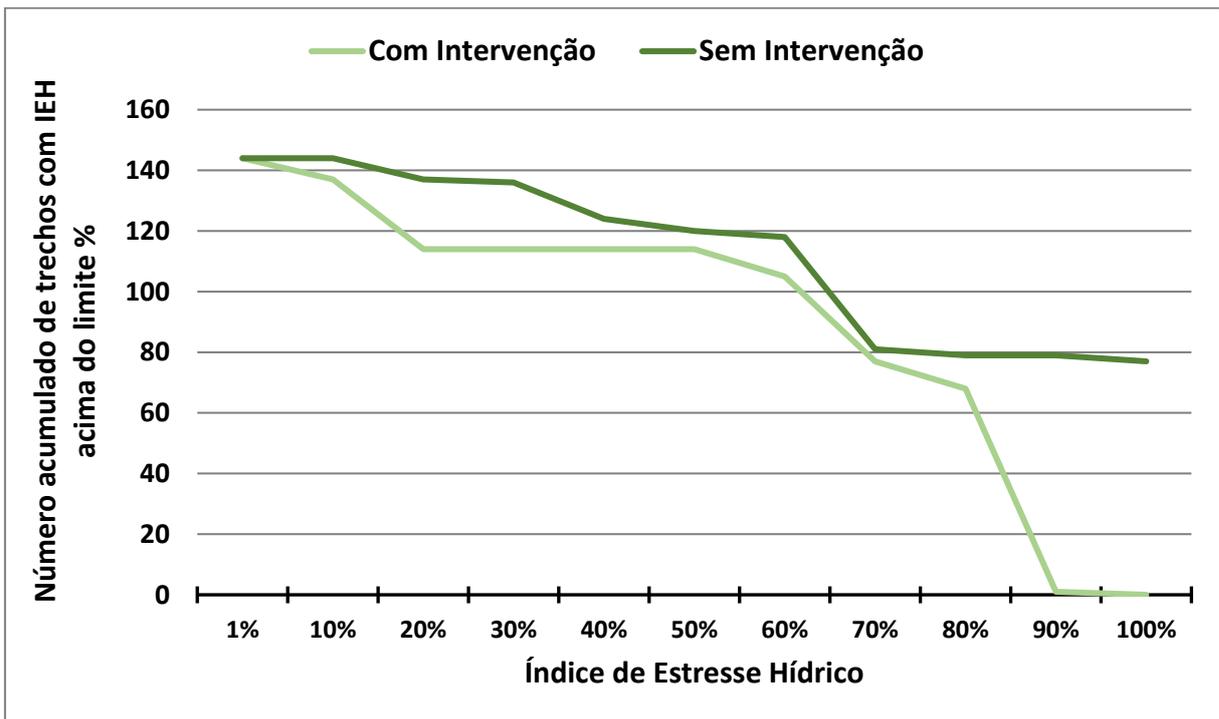


Figura 7.10 – IEHs nos subtrechos onde ocorrem modificações do cenário futuro sem intervenções e o com a inclusão da barragem Sítio Limpo.

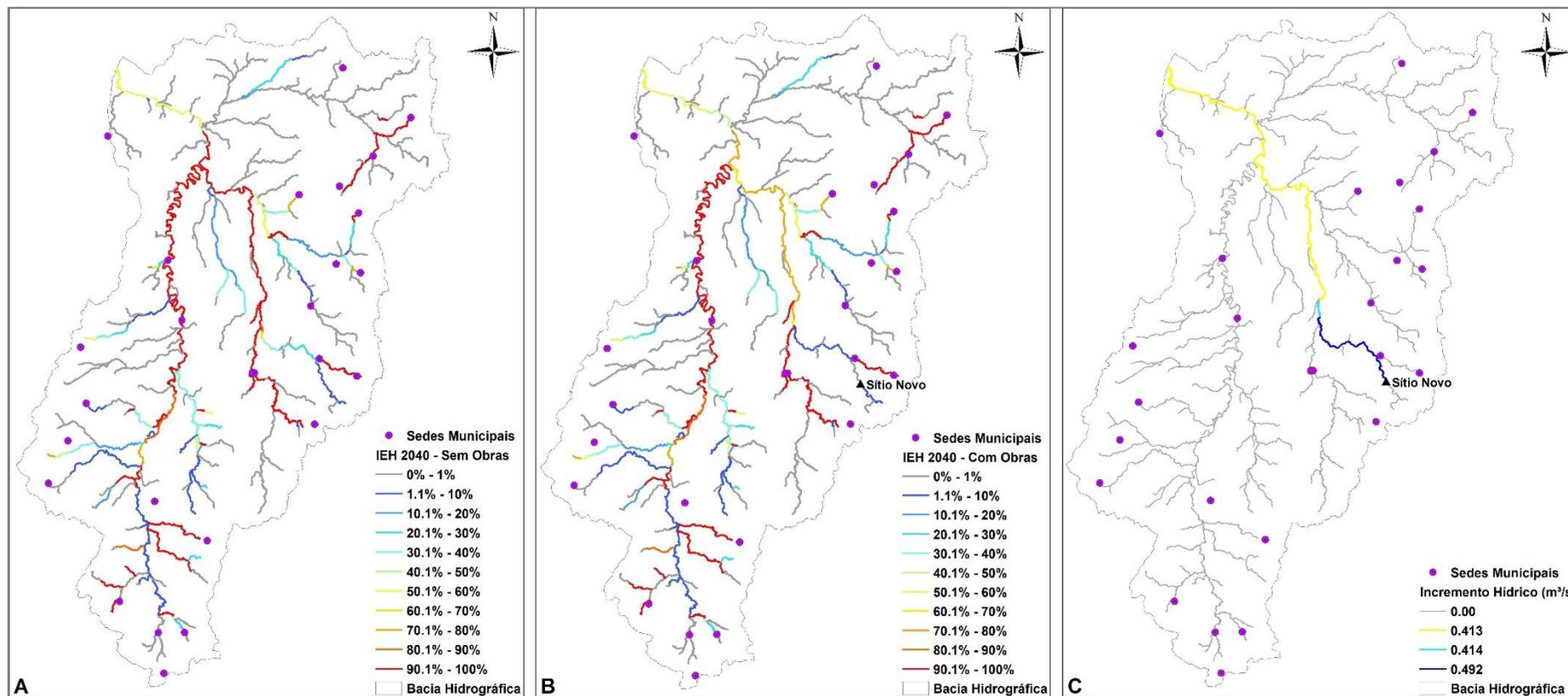


Figura 7.11 – Índices de Estresse Hídricos no cenário futuro sem intervenções(a), no cenário com a inclusão de Sitio Novo (b); e diferenças entre os dois cenários (c).

7.3.4 Barragem Suçuapara

A barragem Suçuapara ficaria localizada no rio Suçuapara, no município de Patis, e teria uma vazão regularizada de 0,292 m³/s de acordo com as simulações apresentadas no presente estudo. A Figura 7.13 apresenta os resultados dos Índices de Estresse Hídricos projetados para o ano de 2040 sem intervenções, com intervenções e, também, as diferenças entre esses dois cenários.

Percebe-se que a inclusão desse barramento traz reduções do IEH ao longo do rio Verde Grande até o mesmo local onde alcançariam os benefícios da construção do reservatório Água Limpa. A partir desse ponto, todo acréscimo de água fornecido pela barragem, de 0,235 m³/s, seria consumido pelo conjunto de usuários que ali se encontram, não havendo mais benefícios a jusante. Contudo, a inclusão dessa barragem poderia reduzir o estresse hídrico em 45 km do rio Verde Grande, passando o IEH de 87% para 67%, e ao longo de 37 km do Ribeirão do Ouro, onde o estresse hídrico fica praticamente inexistente no cenário com o barramento.

A Figura 7.12 mostra que em 22 trechos de 2km cada houve alteração do IEH que, no cenário sem o barramento se encontravam com estresse acima de 80% e que passariam para valores próximos a 70% no cenário com o barramento. Ainda, há um acréscimo 17 trechos com IEH inferiores a 20% no cenário com a intervenção.

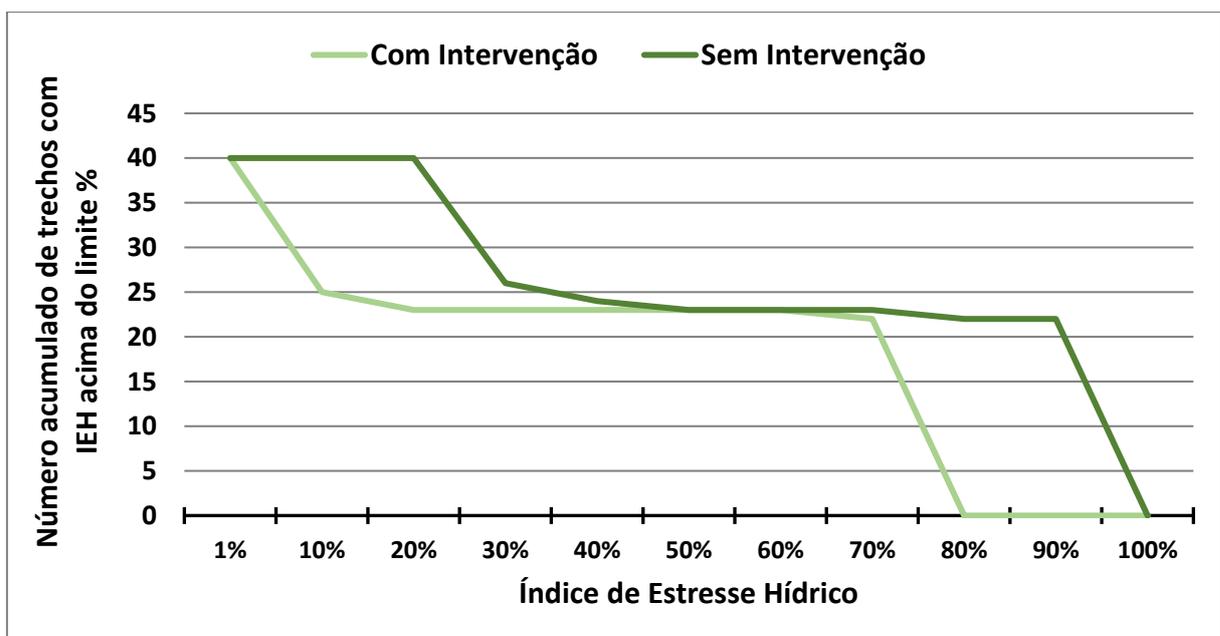


Figura 7.12 – IEHs nos subtrechos onde ocorrem modificações do cenário futuro sem intervenções e com a inclusão da barragem Suçuapara.

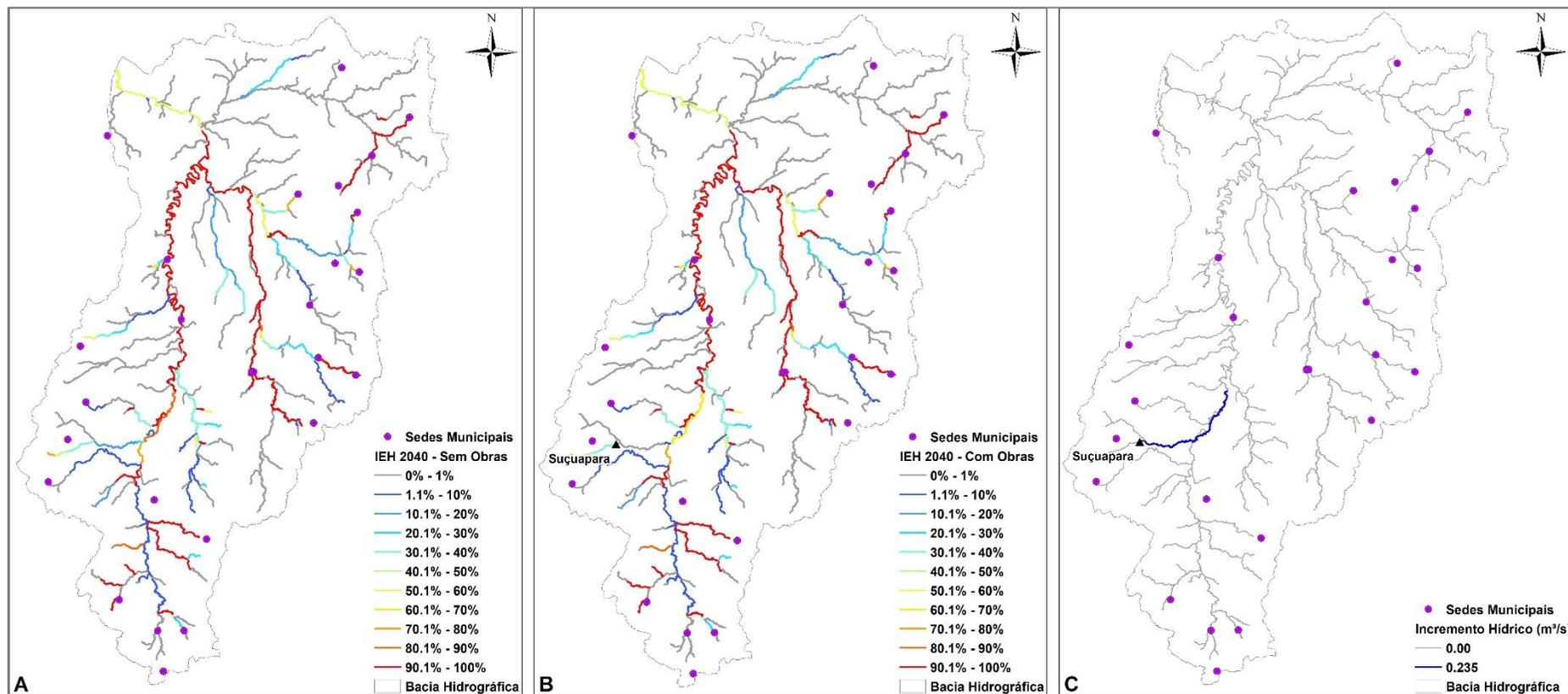


Figura 7.13 – Índices de Estresse Hídricos no cenário futuro sem intervenções(a), no cenário com a inclusão de Suçupara (b); e diferença entre as vazões remanescentes nos dois cenários (c).

7.3.5 Quatro barramentos

A fim de estudar as mudanças que a inclusão dos quatro reservatórios propostos (Água Limpa, São Domingos, Sítio Novo e Suçuapara) trariam de maneira conjunta à bacia do Verde Grande, foi desenvolvido um cenário futuro com os 4 lançando suas vazões regularizadas simultaneamente. Cabe destacar que, visto que os reservatórios não estão em cascata, não foram elaboradas regras de operação conjuntas, apenas simulou-se com todas lançando as vazões regularizadas projetadas de maneira simultânea. A Figura 7.15 apresenta os resultados dos Índices de Estresse Hídricos projetados para o ano de 2040 sem intervenções, com intervenções e também as diferenças entre esses dois cenários.

Como mostra a figura, a operação conjunta desses 4 barramentos traria reduções significativas no estresse hídrico ao longo do rio Verde Grande, além daquelas já abordadas no rio Gorutuba em razão da regularização da barragem Sítio Novo. É interessante observar que, diferente da operação única dos barramentos Água Limpa e Suçuapara, a operação simultânea desses dois barramentos permite ultrapassar o benefício no Verde Grande para além daquele ponto de alta concentração de usuários que limitava o alcance do acréscimo da vazão remanescente. Com as duas barragens lançando suas vazões regularizadas, o incremento da vazão seria perceptível durante aproximadamente 97km do Verde Grande, alcançando o ponto que limita o exutório do MSVG. Essa operação conjunta leva a reduções de IEH no Verde Grande de 87% no cenário futuro sem intervenções para 53% em alguns trechos. Uma vez que as melhorias ficam restritas para montante do limite do MSVG, as reduções de em torno de 6% no IEH do Verde Grande após a sua confluência com o rio Verde Pequeno são decorrentes da operação das barragens de São Domingos e Sítio Novo.

Ao todo, mudanças com relação ao cenário sem intervenções são percebidas ao longo de aproximadamente 559 km de rio, sendo 369 km no rio Verde Grande e 190 km na bacia do Gorutuba. A Figura 7.14 apresenta o número de trechos acumulados, daqueles que sofreram alteração, que superam cada um dos limites de IEH dispostos no eixo x, no cenário com e sem os barramentos. No total, foram 276 trechos de aproximadamente 2km cada que sofreram alteração do IEH devido aos barramentos. Nota-se a grande redução do número de trechos que antes superavam os 90% de estresse hídrico, que seriam 95 no cenário futuro sem modificações. Ainda, 40 trechos

que ultrapassariam a marca de 10% de IEH passam a se enquadrar nessa faixa ou abaixo no cenário com as barragens operando simultaneamente.

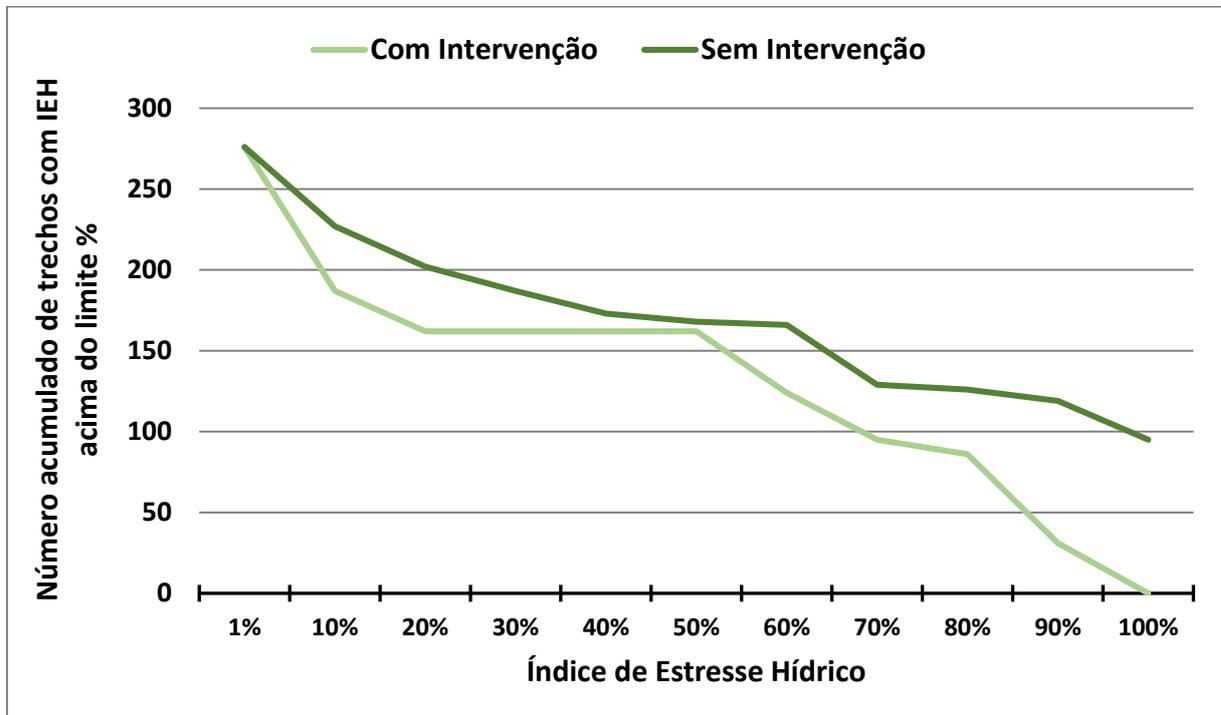


Figura 7.14 – IEHs nos subtrechos onde ocorrem modificações do cenário futuro sem intervenções e o com a inclusão das quatro barragens: Água Limpa, São Domingos, Sítio Novo e Suçuapara.

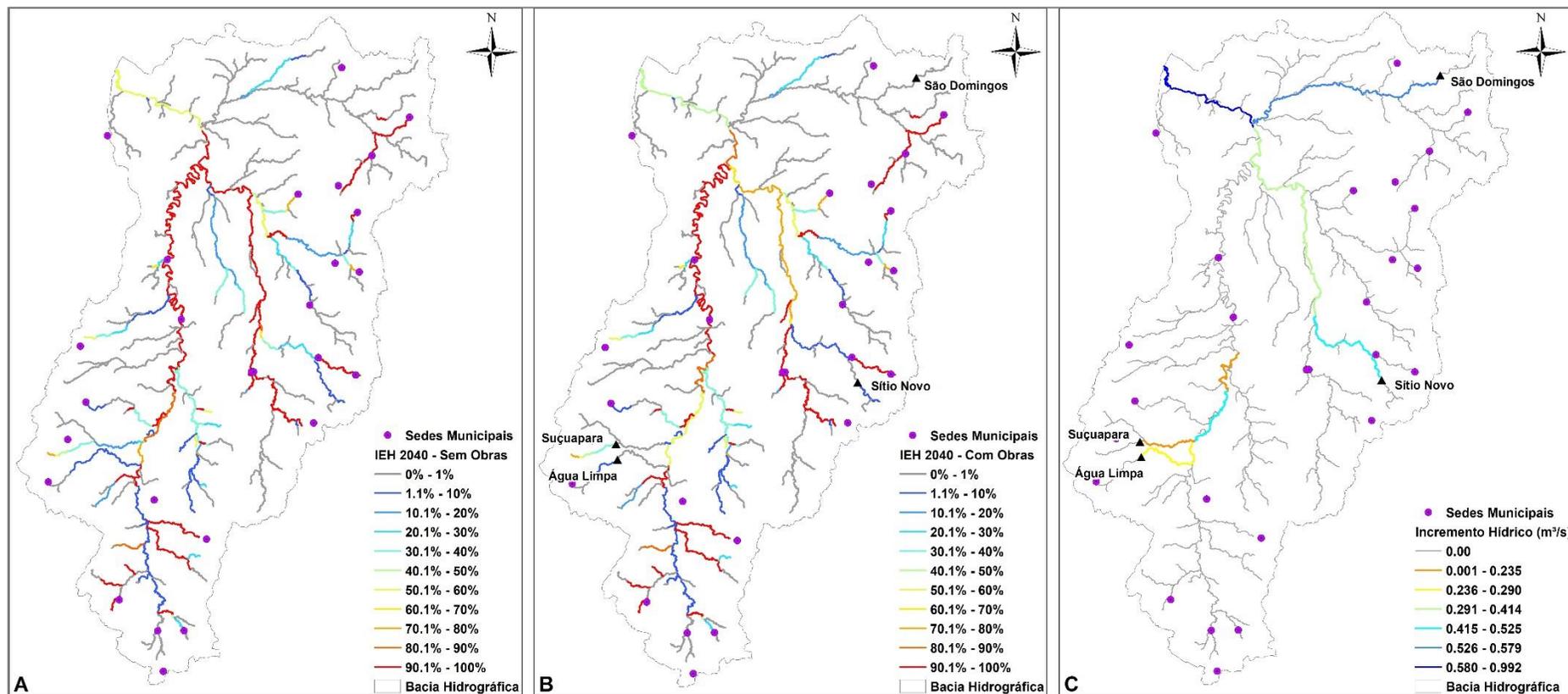


Figura 7.15 – Índices de Estresse Hídricos no cenário futuro sem intervenções(a), no cenário com a inclusão dos quatro barramentos (b); e diferença entre as vazões remanescentes nos dois cenários (b).

7.3.6 Todos os barramentos

Por fim, foi criado um cenário futuro de balanço hídrico no qual todas as novas barragens apresentadas e selecionadas no capítulo 6 estariam operando em conjunto com as quatro do PRH selecionadas tal qual descrito no item anterior. Ao todo, a combinação dessas 10 barragens teria capacidade de regularizar 3,563 m³/s, de maneira distribuída na bacia. A Figura 7.17 apresenta os resultados dos Índices de Estresse Hídricos projetados para o ano de 2040 sem intervenções, com intervenções e também as diferenças entre esses dois cenários em termos de incremento da vazão remanescente em cada trecho. Cabe ressaltar que o estudo da capacidade de regularização desses novos reservatórios foi feito de maneira simplificada. Porém, os ganhos preliminares apresentados por eles, descritos a seguir, reforçam a necessidade de estudos mais avançados para avaliar a viabilidade operacional e financeira dos novos reservatórios propostos.

Como mostra a figura, a inclusão da operação dos reservatórios MEVG03, 04 e 05 levaria benefícios maiores em termos de incremento da vazão remanescente e redução do IEH na calha principal do Verde Grande. O incremento da vazão praticamente alcança a sede do município de Verdelândia mas não passa desse local devido à alta concentração de usuários. A diferença do IEH ocorrida nos trechos próximos à sede chega a 20%, passando de 97% de estresse hídrico no cenário futuro sem as modificações para 77% com a operação dos reservatórios. Ainda, a inclusão do reservatório MDGB01 teria potencial para reduzir de 57% para 5% o estresse hídrico no rio Tabuleiro, onde se encontra, mas ressaltasse que o estudo desse reservatório foi feito de maneira simplificada, merecendo aprofundamento futuro. Ainda, combinação dos reservatórios na margem direita do Gorutuba com o reservatório São Domingos poderia levar ao incremento de 1,87m³/s no trecho baixo do rio Verde Grande após a confluência com o Verde Pequeno.

Ao todo, mudanças com relação ao cenário sem intervenções são percebidas ao longo de aproximadamente 717 km de rio. A Figura 7.16 apresenta o número de trechos acumulados, daqueles que sofreram alteração, que superam cada um dos limites de IEH dispostos no eixo x, no cenário com e sem os barramentos. Percebe-se que praticamente todos os 354 trechos de 2km que compuseram o modelo WARM-GIS e que sofreram alterações mudaram a faixa de valor de IEH na qual se encontravam. Desses alterados

97 trechos deixaram de ter IEH superior a 90% e 68 trechos passaram a possuir IEH inferior a 10%.

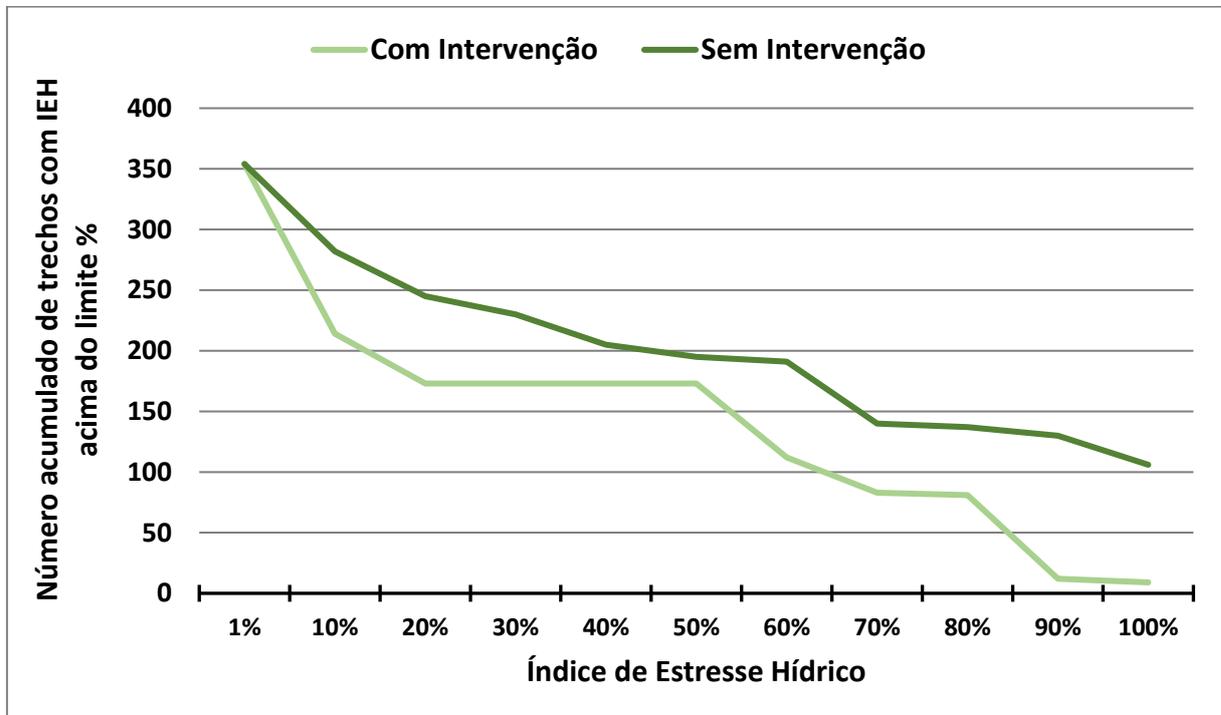


Figura 7.16 – IEHs nos subtrechos onde ocorrem modificações do cenário futuro sem intervenções e o com a inclusão dos dez barramentos seleccionados.

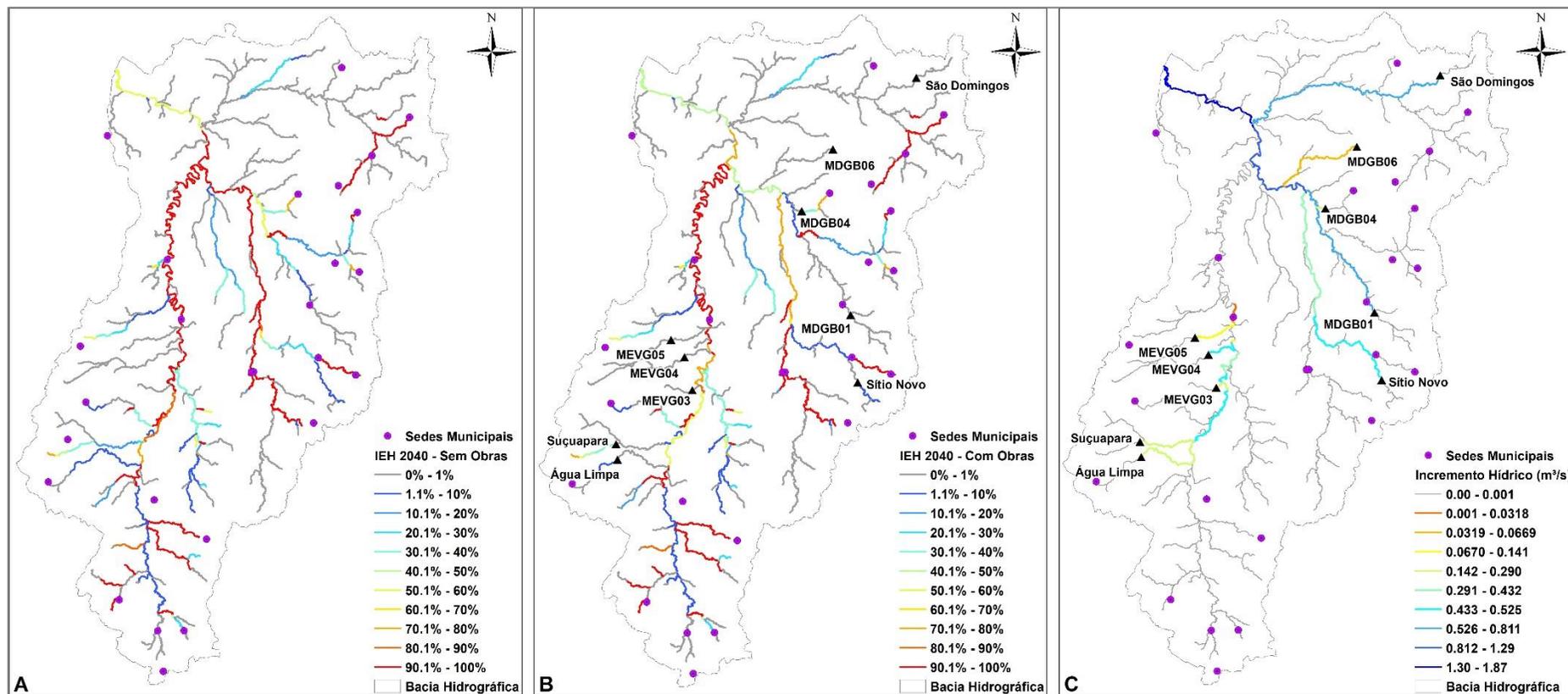


Figura 7.17 – Índices de Estresse Hídricos no cenário futuro sem intervenções(a), no cenário com a inclusão de todos barramentos seleccionados (b); e diferença entre as vazões remanescentes nos dois cenários (c).

7.4 Transposições de Vazões Selecionadas e Hierarquizadas

Além dos barramentos estudados, também são propostas duas transposições para aumentar a disponibilidade hídrica na bacia: a transposição Congonhas-Juramento e a transposição Jaíba. A seguir são apresentados os resultados dos cenários de balanço hídrico considerando essas intervenções.

7.4.1 Transposição Congonhas-Juramento

Com a finalidade principalmente de aumentar a capacidade de captação hídrica no reservatório Juramento, que abastece o município de Montes Claros, foi proposta uma transposição da bacia do rio Congonhas para esse reservatório. Estima-se que essa transposição poderia aumentar a oferta hídrica em 2 m³/s em Juramento. Considerando-se que praticamente todo esse aporte seria captado para atender ao aumento populacional de Montes Claros, e adotando-se um índice de retorno de 80% para o consumo humano, para montar o cenário com essa intervenção foi ampliado o lançamento de Montes Claros em 1,6 m³/s, ou seja, 80% de 2 m³/s.

A Figura 7.18 apresenta os resultados dos Índices de Estresse Hídricos projetados para o ano de 2040 sem intervenções, com intervenções e também as diferenças entre esses dois cenários em relação à vazão remanescente em cada um. Como é possível observar, apenas a inclusão dessa transposição seria suficiente alcançar o mesmo ponto onde cessariam os benefícios advindos da instalação dos barramentos propostos na margem esquerda do rio Verde Grande (item 7.3.6).

Além de alcançar um local próximo, perto da sede de Verdelândia, as reduções do IEH do Verde Grande são maiores nesse cenário em relação àquele com os barramentos. Nos trechos mais a jusante, no ponto que define o MSVG, a redução do IEH é de 95% no cenário sem obra para 55% com ela. Além disso, todo trecho de 210km entre esse local e Montes Claros fica com IEH inferior a 60%. A Figura 7.18 (c) mostra como a presença dos usuários vai consumindo a vazão de 1,6 m³/s inicialmente disponibilizados a jusante de Montes Claros que zera ao chegar próximo de Verdelândia pela alta concentração de pontos de captação.

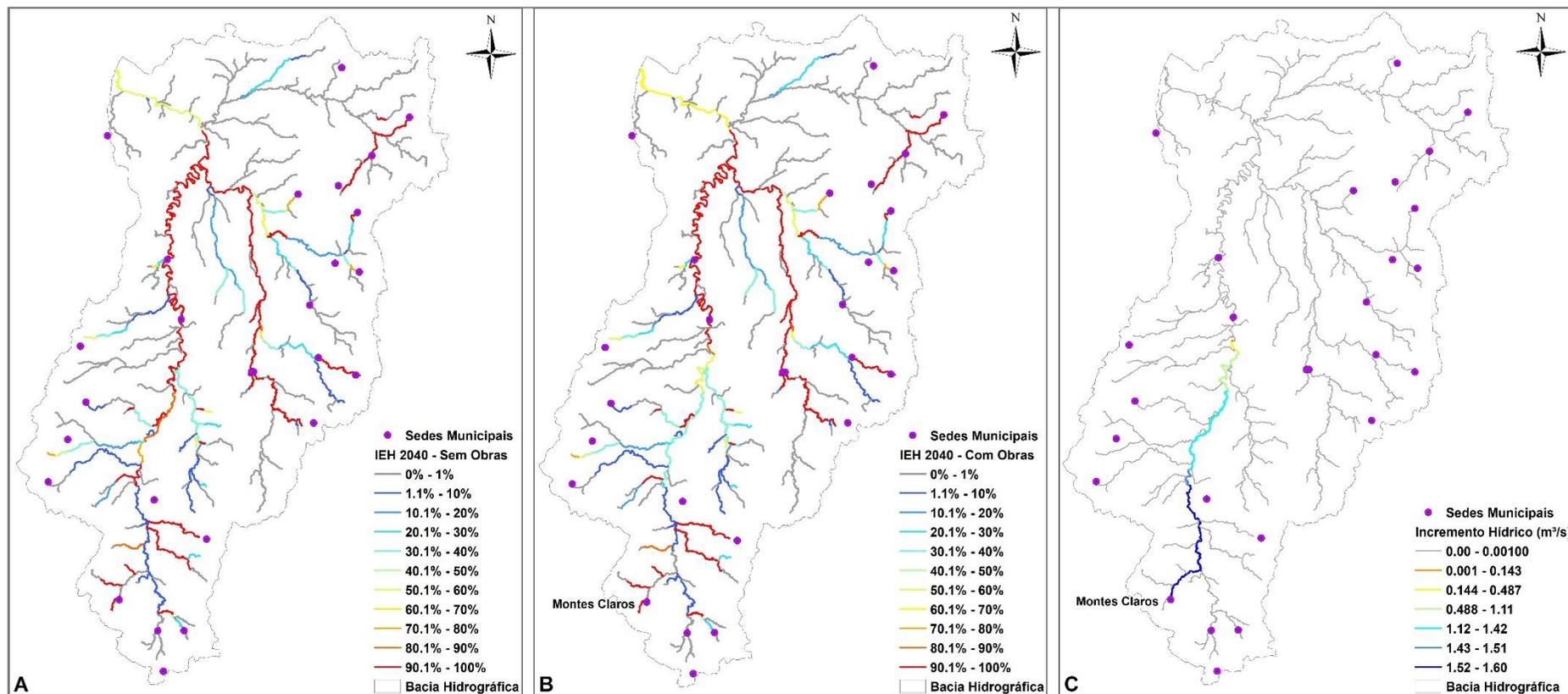


Figura 7.18 – Índices de Estresse Hídricos no cenário futuro sem intervenções(a), no cenário com o aumento do lançamento de Montes Claros em virtude da maior captação devido à transposição Congonhas-Juramento (b); e diferença entre as vazões remanescentes nos dois cenários (c).

A Figura 7.19 apresenta o número de trechos acumulados, daqueles que sofreram alteração, que superam cada um dos limites de IEH dispostos no eixo x, no cenário com e sem a transposição. No total foram 104 trechos de 2km cada que sofreram alterações nesse cenário em comparação ao futuro sem modificações. Percebe-se o grande impacto que a transposição tem sobre esses trechos ao levar 54 deles para valores de IEH inferiores a 60%.

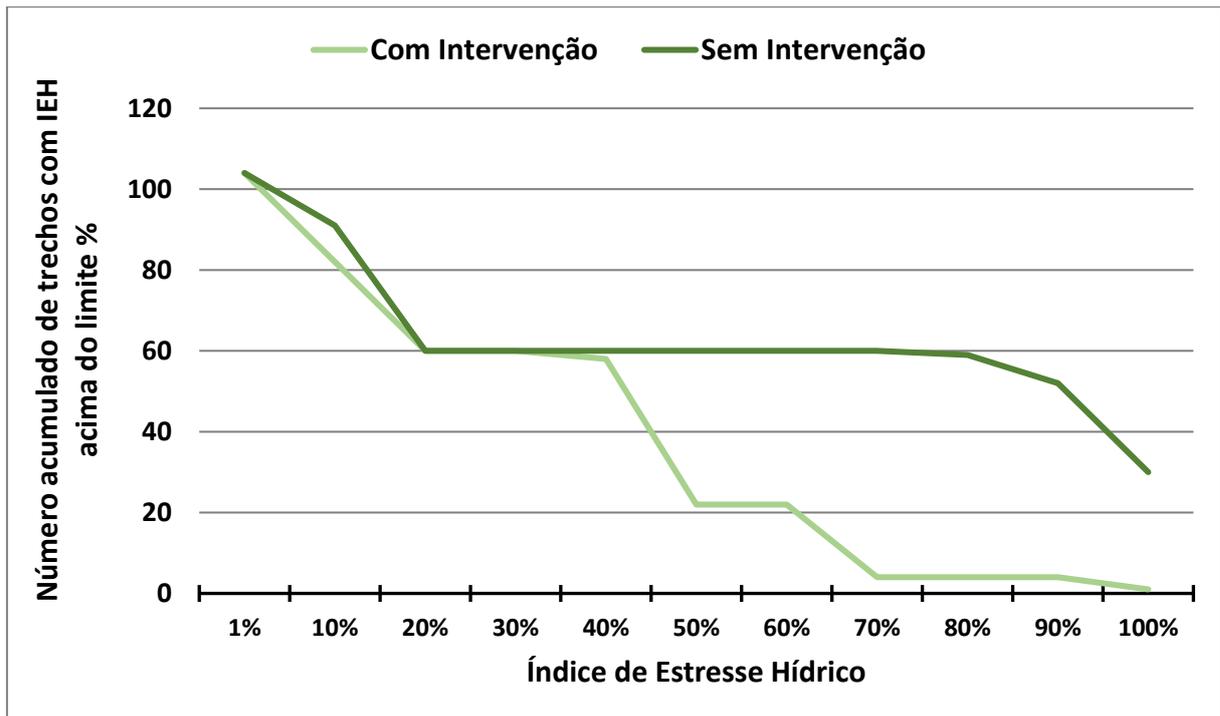


Figura 7.19 – IEHs nos subtrechos onde ocorrem modificações do cenário futuro sem intervenções e o com a inclusão da transposição Congonhas-Juramento.

7.4.2 Transposição Jaíba

A transposição Jaíba tem quatro pontos previstos de lançamento de água: Jaíba (1,5 m³/s), Verdelândia (1,5 m³/s), Janaúba (0,5 m³/s) e próximo à foz do rio Quem-quem (0,5 m³/s). Uma vez que o modelo WARM-GIS trabalha apenas através de sua interface com a substituição de vazões para representar reservatórios, foram inseridos esses 4 locais como reservatórios, mas somando as vazões do saldo do modelo sem eles às vazões transpostas.

A Figura 7.21 apresenta os resultados dos Índices de Estresse Hídricos projetados para o ano de 2040 sem intervenções, com intervenções e também as diferenças entre esses dois cenários com relação aos acréscimos de vazão remanescente. Uma vez que os locais ao longo do rio Verde Grande que apresentam os maiores estresses hídricos são aqueles a jusante da foz do rio Quem-quem, e que nenhuma das obras abordadas

anteriormente conseguiu alcançar, o fato de a transposição Jaíba lançar uma quantidade relativamente alta de vazão em diferentes locais a jusante daquela foz faz com que os estresses hídricos cheguem a zerar em alguns locais, como a jusante da sede de Jaíba, e fiquem quase sempre menores que 65% a jusante desses lançamentos. A única exceção é o trecho entre o ponto que define o MSVG e a sede de Verdelândia, que ainda assim apresenta um IEH superior a 90%. Já com relação ao lançamento em Janaúba, existe logo a jusante do ponto de lançamento um grande usuário de água cadastrado no CNARH que é a Associação de Proprietários Irrigantes da Margem Esquerda do Gortuba - ASSIEG. Essa captação, no cenário futuro, consome praticamente toda vazão adicional proveniente do lançamento em Janaúba de acordo com o modelo elaborado e, por isso, os benefícios em termos de vazão remanescente não são percebidos a partir desse ponto. Cabe destacar que essa captação se encontra entre o lançamento em Janaúba e a confluência com o rio Mosquito. Por esse motivo os benefícios do barramento Sítio Novo foram perceptíveis mais a jusante no rio Gortuba, no item 7.3.3.

Ao todo, mudanças com relação ao cenário sem intervenções são percebidas ao longo de aproximadamente 427 km do rio Verde Grande. A Figura 7.20 apresenta o número de trechos acumulados, daqueles que sofreram alteração, que superam cada um dos limites de IEH dispostos no eixo x, no cenário com e sem a transposição. Nessa figura, observa-se uma redução de 132 trechos de aproximadamente 2km que se encontravam com IEH superiores a 90% e que passaram a possuir valores inferiores a esse. Enquanto todos os trechos onde houve modificação apresentavam IEH superior a 50% no cenário futuro sem modificação, na cena com a inclusão da transposição vários desses passam a apresentar estresse hídrico inferior a 20%, inclusive com 39 deles ficando abaixo de 10% de estresse hídrico ao longo do Verde Grande.

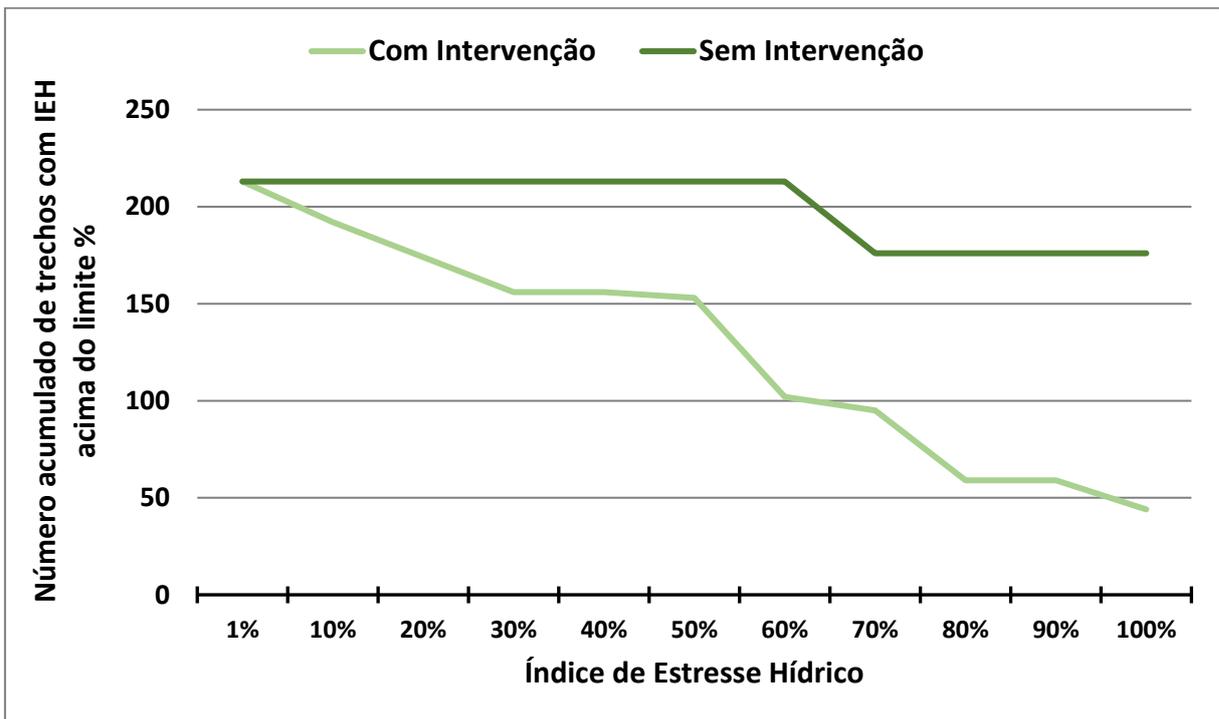


Figura 7.20 – IEHs nos subtrechos onde ocorrem modificações do cenário futuro sem intervenções e o com a inclusão da transposição Jaíba.

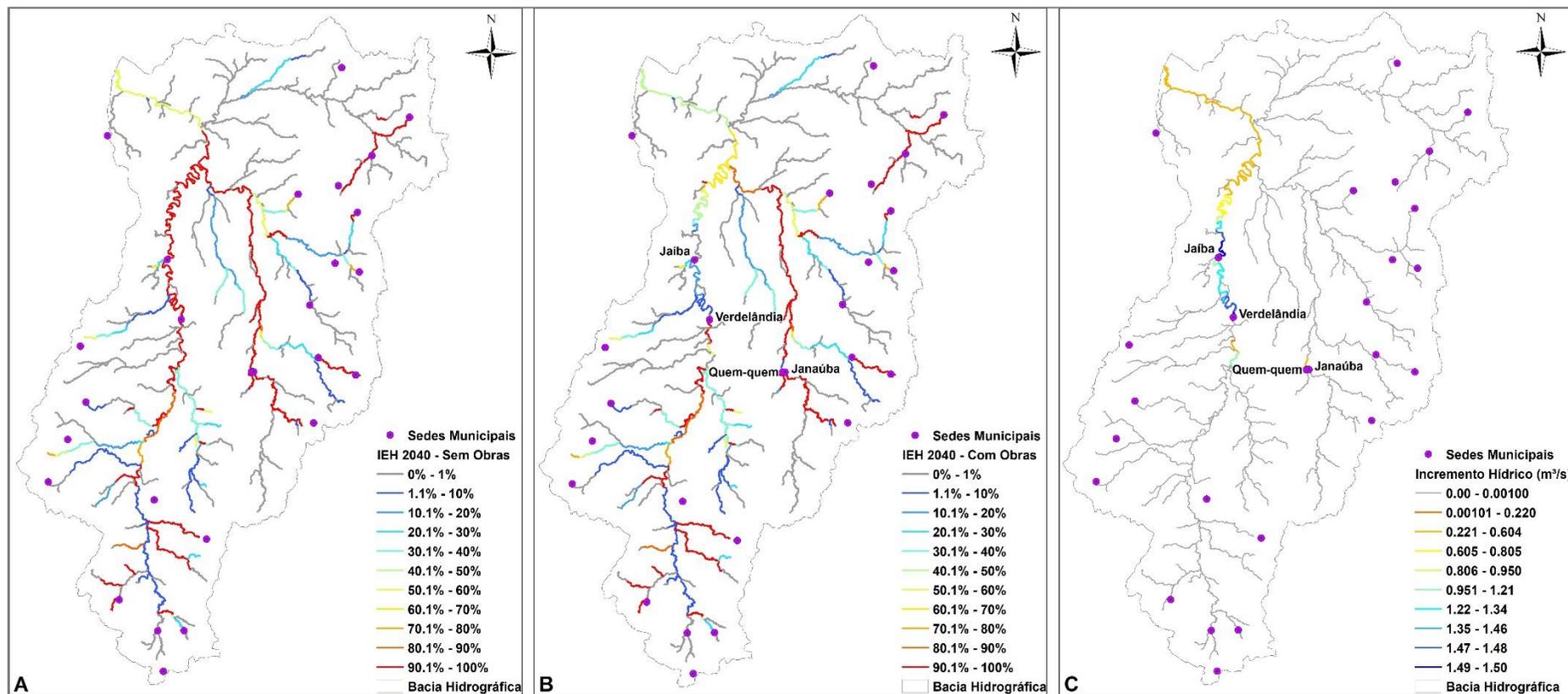


Figura 7.21 – Índices de Estresse Hídricos no cenário futuro sem intervenções (a), no cenário com a inclusão dos pontos de lançamento da transposição Jaíba (b); e diferença entre as vazões remanescentes nos dois cenários (c).

7.4.3 Ambas Transposições

Por fim, foi criado um último cenário no qual as duas transposições seriam instaladas. A Figura 7.23 apresenta os resultados dos Índices de Estresse Hídricos projetados para o ano de 2040 sem intervenções, com intervenções e também as diferenças entre esses dois cenários com relação à vazão remanescente em cada um. Observa-se que nesse cenário praticamente não existem mais valores altos de estresse hídrico ao longo de todo Verde Grande, sendo o máximo observado de 55% em um trecho de apenas 28km a montante da confluência com o rio Quem-quem e outro com 60% de apenas 8km a montante da sede de Verdelândia. Todos os demais trechos possuem IEH iguais ou inferiores a 40%, com alguns deles menores até mesmo que 10% no rio. Em termos de incremento da vazão remanescente, a diferença chega a ser de 2,02 m³/s no trecho baixo da bacia e próximo ao exutório.

Ao todo, mudanças com relação ao cenário sem intervenções são percebidas ao longo de aproximadamente 638 km do rio Verde Grande. A Figura 7.22 mostra a forte redução dos valores de IEH dos 315 trechos modificados no cenário com as transposições. 160 trechos de 2km deixam de ter IEH acima de 90% e 57 passam a ter IEH inferior a 10% com as obras instaladas.

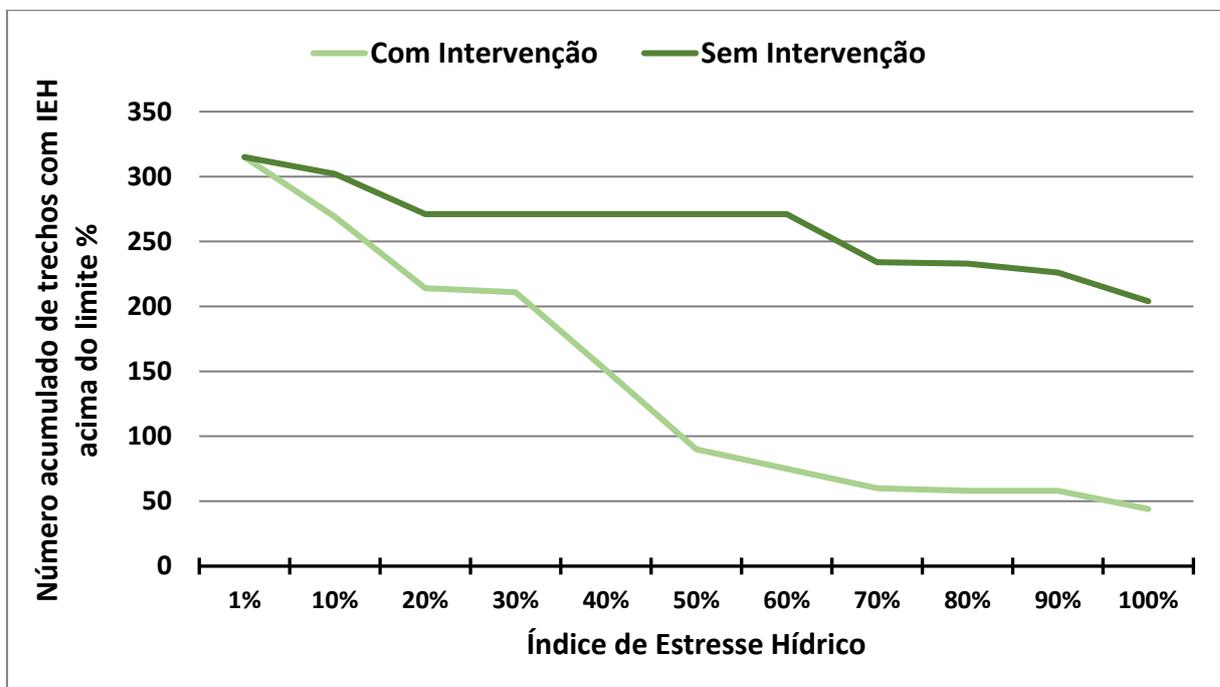


Figura 7.22 – IEHs nos subtrechos onde ocorrem modificações do cenário futuro sem intervenções e o com a inclusão da transposição Jaíba e Congonhas-Juramento simultaneamente.

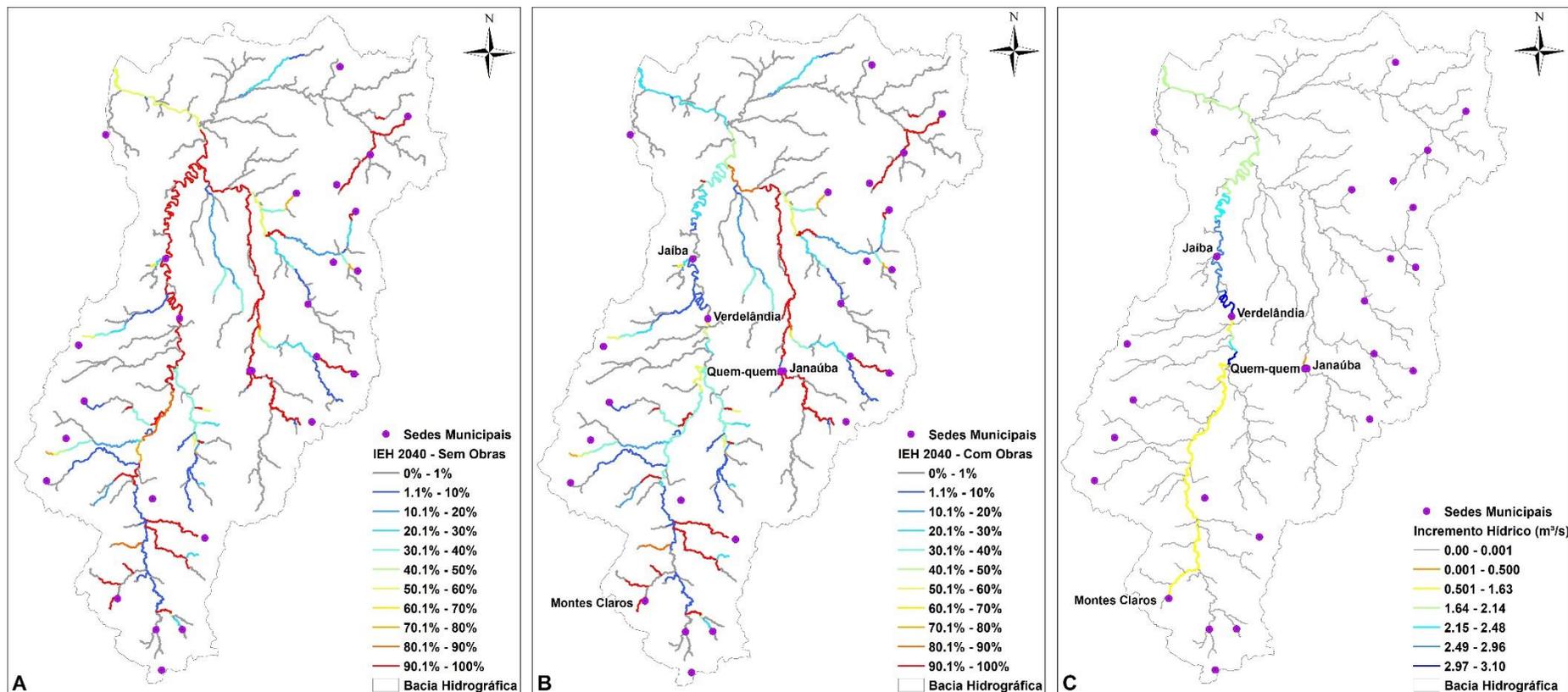


Figura 7.23 – Índices de Estresse Hídricos no cenário futuro sem intervenções(a), no cenário com as transposições Jaíba e Congonhas-Juramento simultaneamente (b); e diferença entre as vazões remanescentes nos dois cenários (c).

7.5 Situação Conjunta (Barramentos e Transposições)

Para avaliar a qual seria a diminuição do estresse hídrico no cenário futuro através da combinação de barramentos e das transposições, foram criados dois cenários: um com ambas as transposições e os quatro barramentos selecionados no capítulo 6 que estavam previstos no PRH; e outro similar, mas considerando todas as barragens propostas.

7.5.1 Transposições e barragens selecionadas do PRH

Para entender os benefícios que a existência conjunta das transposições Jaíba e Congonhas-Juramento com os barramentos selecionados daqueles propostos no plano (Água Limpa, São Domingos, Sítio Novo e Suçuapara), foi montado um cenário futuro no modelo de balanço hídrico com as seis intervenções em funcionamento. Nesse cenário todas as barragens lançavam simultaneamente suas vazões regularizadas descritas nos itens anteriores desse capítulo bem como era feito o incremento de vazão vindas das transposições.

Nesse cenário deixa de existir qualquer índice de estresse hídrico superior a 50% como mostra a Figura 7.24 (b), havendo uma melhor ainda maior quando comparado ao cenário futuro sem intervenções (Figura 7.24-a). Há um grande número de trechos do rio Verde Grande com IEH inferiores a 30%, inclusive junto à foz desse. No trecho final do Verde Grande, a diferença de vazão remanescente com relação ao cenário sem obras é de aproximadamente 3,5 m³/s, sinal de que a maioria dos usuários é atendida nos locais influenciados pelas obras. Com relação aos outros cenários apresentados, uma das maiores modificações também é a redução do IEH ao longo do rio Gortuba devido à operação do barramento Sítio Novo e também por causa da disponibilidade de água que a transposição lançada em Janaúba fornece aos usuários a jusante. Ao longo do Gortuba o IEH cai de valores próximos a 99% para em torno de 60% a jusante da confluência com o rio Mosquito.

Nesse cenário ocorre a melhoria do IEH ao longo de 880 km de rios, o equivalente a 435 trechos da rede que compuseram o modelo WARM-GIS. Como mostra a Figura 7.25, nenhum trecho dos que sofreram modificações possuem IEH superior a 70% enquanto no cenário sem modificações 210 desses estavam com IEH acima de 90%. Ainda, desses trechos modificados 215 deles apresentam estresse hídrico inferior a 10% contra apenas 118 no cenário sem modificações.

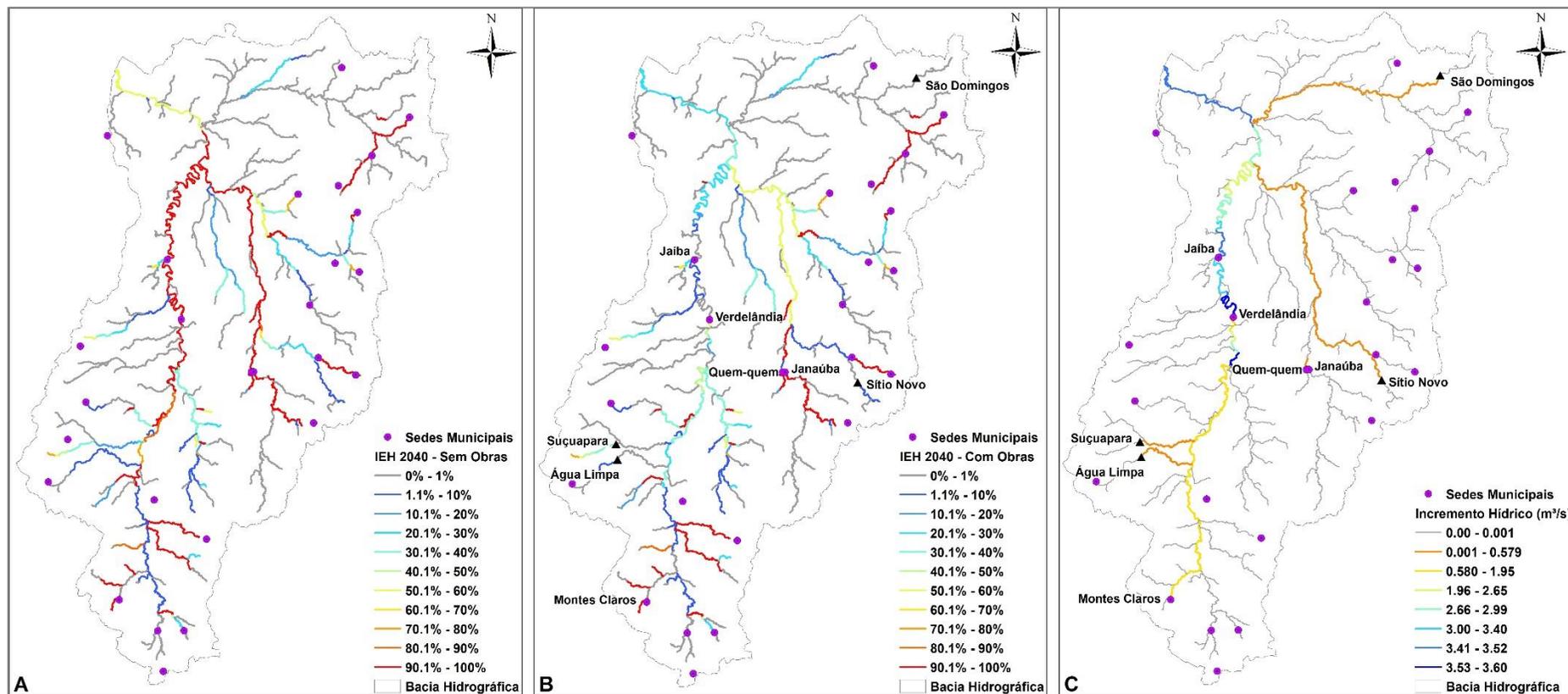


Figura 7.24 – Índices de Estresse Hídricos no cenário futuro sem intervenções (a), no cenário com as transposições e as barragens selecionadas do PRH (b); e diferença entre as vazões remanescentes nos dois cenários (c).

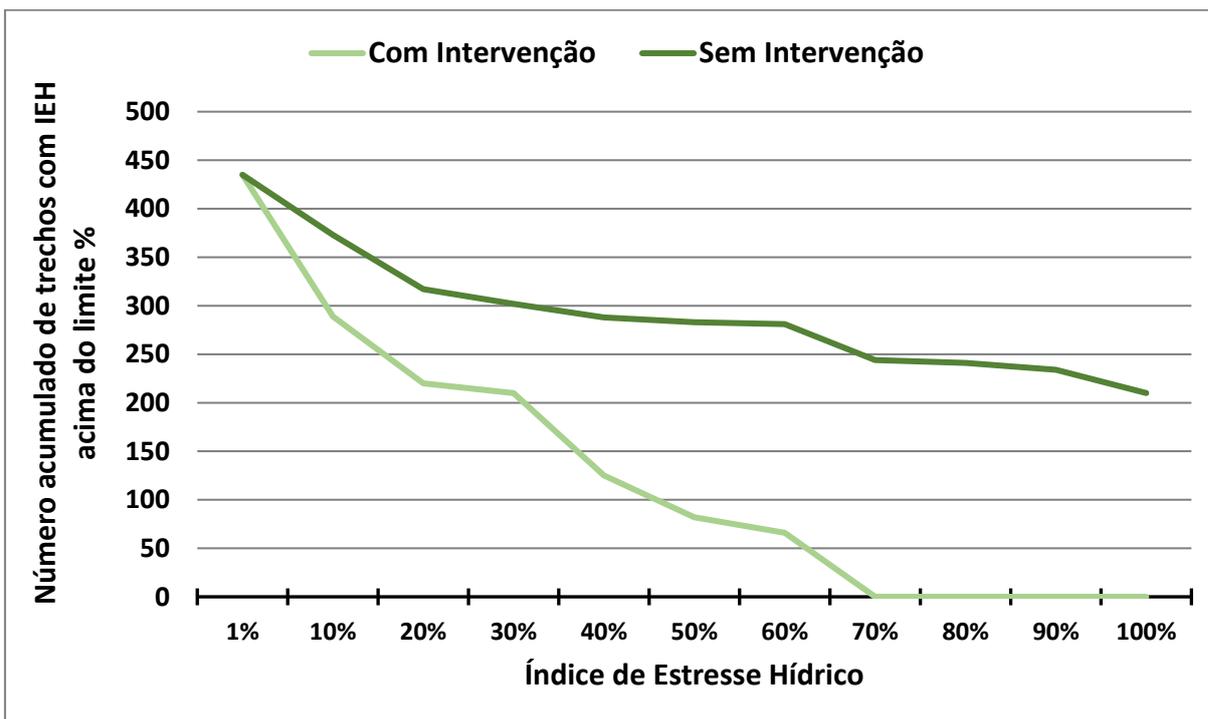


Figura 7.25 – IEHs nos subtrechos onde ocorrem modificações do cenário futuro sem intervenções e o com a inclusão simultânea das 4 barragens selecionadas do PRH e das transposições Jaíba e Congonhas-Juramento.

7.5.2 Transposições e todas as barragens selecionadas

Finalmente, foi criado um cenário de balanço hídrico considerando todos os barramentos selecionados, incluindo os novos propostos além dos do PRH, e também as transposições do Jaíba e Congonhas-Juramento. A Figura 7.27 apresenta os resultados dos Índices de Estresse Hídricos projetados para o ano de 2040 sem intervenções, com intervenções e também as diferenças entre esses dois cenários em termos de vazão remanescente em cada trecho.

Nesse cenário com todas as obras operando todos os trechos a jusante de Verdelândia, no rio Verde Grande, apresentam estresse hídrico inferior a 30% enquanto que todos aqueles a montante ficam abaixo de 45%. Ainda, a diferença de vazão remanescente desse cenário para o não modificado alcança 5 m³/s próximo à foz do Verde Grande e fica acima de 4 m³/s próximo à cidade de Jaíba. Com relação ao rio Gortuba, o índice de estresse também cai se comparado aos demais cenários no seu trecho baixo, ficando inferior a 35%.

Com relação cenário do item anterior, onde havia apenas 4 barramentos mais as transposições, uma grande diferença é nos rios Salinas e Pacuí, nos quais a operação da barragem MDGB01 traria um benefício adicional. Contudo, estudos mais aprofundados

são necessários quanto à capacidade de regularização desses novos reservatórios uma vez que aqui foram realizados de maneira simplificada em comparação aos demais.

Ao comparar com todos os cenários descritos anteriormente, é nesse que há o maior número de trechos de 2km do modelo WARM-GIS com índices de estresse hídrico inferiores a 10%. São 282 trechos de rio dentre os que houve modificações em que o IEH ficou inferior a 10%, contra 153 do cenário não modificado. Ainda, em todos os trechos modificados nenhum deles permaneceu com IEH superior a 70%, como mostra a Figura 7.26, enquanto no cenário sem nenhuma das obras a quantidade trechos afetados pelas obras com IEH superior a 70% chegava a 244. Ao todo, 1016 km de rios tiveram suas classes de IEH melhoradas.

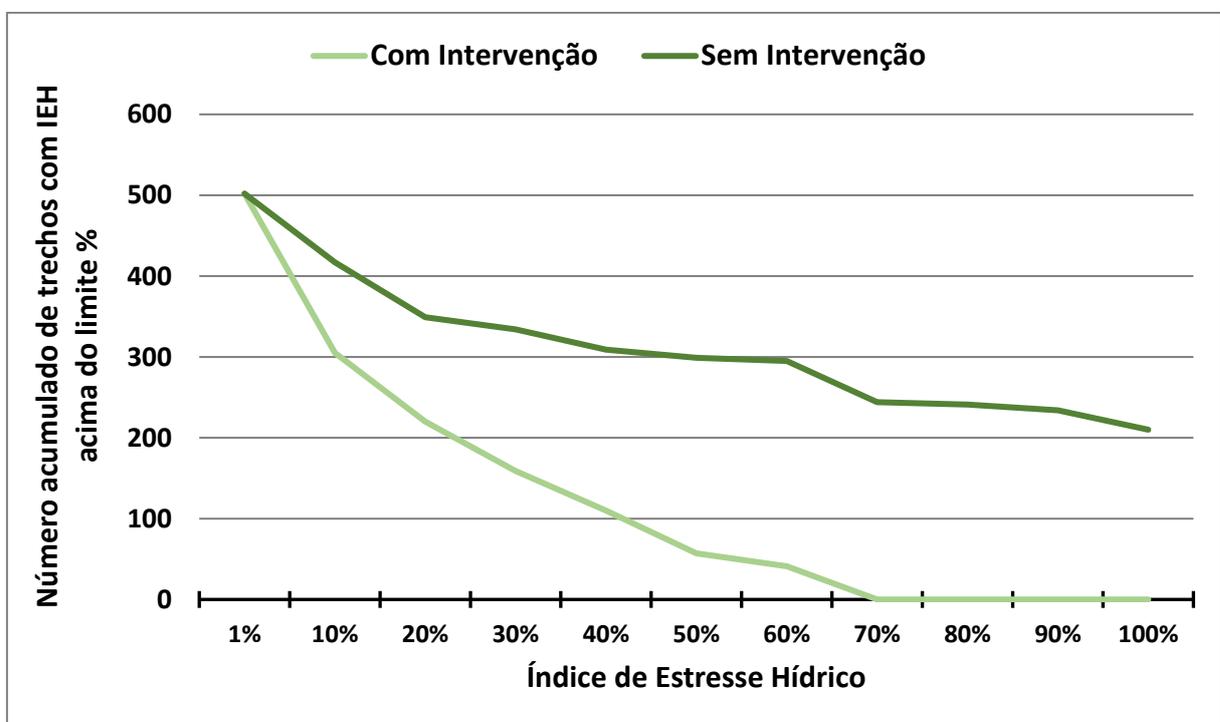


Figura 7.26 – IEHs nos subtrechos onde ocorrem modificações do cenário futuro sem intervenções e no cenário com as transposições e todas as barragens seleccionadas simultaneamente.

ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE

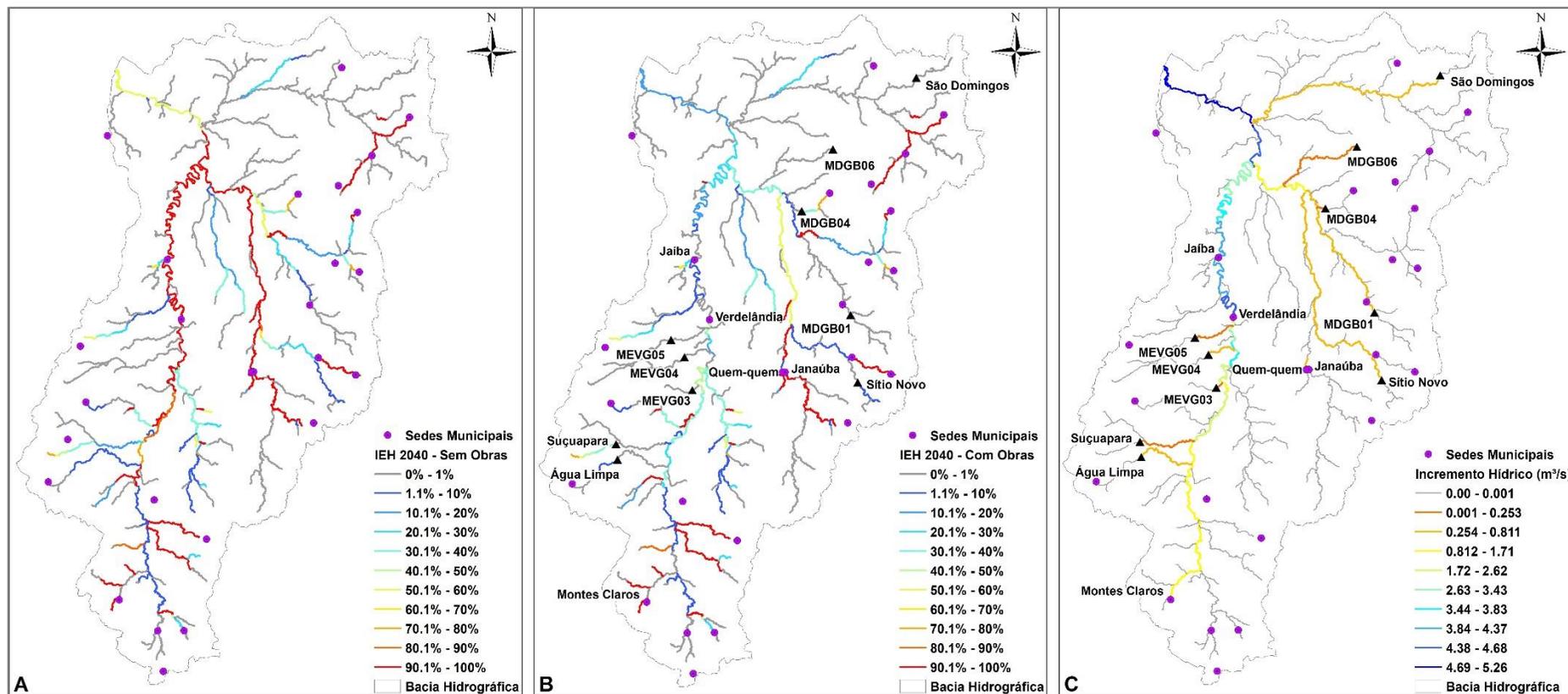


Figura 7.27 – Índices de Estresse Hídricos no cenário futuro sem intervenções (a), no cenário com as transposições e todas as barragens selecionadas (b); e diferença entre as vazões remanescentes nos dois cenários (c).

7.6 Considerações sobre os resultados

Através do modelo de balanço hídrico WARM-GIS, foi possível realizar o balanço hídrico para o cenário atual e projetá-lo para o ano de 2040 através das projeções de demandas na bacia. A comparação entre os dois cenários permitiu verificar aquilo que já se prevê caso nenhuma medida seja tomada para o aumento da disponibilidade hídrica, ou seja, o aumento significativo do estresse hídrico que afetaria, em maior número, os irrigantes que captam às margens do Trecho Baixo do Médio Verde Grande.

A fim de analisar as melhorias que a implementação de reservatórios e transposições poderiam trazer no cenário futuro, essas obras foram inseridas no modelo de balanço uma a uma e também combinadas. Isso foi feito para analisar possíveis beneficiários dessas intervenções e o quão significativas elas seriam para a bacia de maneira geral.

O Quadro 7.1 apresenta o compilado das extensões de trechos de rios que se beneficiariam em qualquer grau por cada intervenção ou conjunto delas abordadas nesse capítulo. Uma vez que todos os subtrechos da rede de drenagem discretizada para aplicação do MGB e WARM-GIS possuem aproximadamente 2 km, também é apresentado no mesmo quadro o Índice de Estresse Hídrico médio dos trechos onde houve melhora com relação ao cenário futuro sem modificações.

Individualmente, percebe-se que as obras que trariam maiores benefícios tanto em quantidade de trechos quanto em redução do IEH são as transposições, sendo a Jaíba aquela que abrangeria a maior extensão e que traria o maior benefício na comparação com o cenário futuro sem modificações nos trechos impactados por ela. Cabe ressaltar que quase a totalidade dos benefícios dessas transposições ficam restritos ao rio Verde Grande.

Já com relação aos barramentos, desconsiderando-se os novos propostos, aquele que individualmente traria o maior benefício tanto em extensão quanto em magnitude seria o Sítio Novo, localizado na sub-bacia do Gortuba, em grande parte devido ao baixo número de usuários após a confluência com o rio Mosquito, no qual o barramento seria instalado. É interessante observar que a combinação de todos os barramentos traz mais benefícios em termos de extensão do que as transposições, mesmo quando combinadas. A amplitude do benefício médio, porém, é significativamente menor do que aquele trazido pela combinação das transposições.

O conjunto de transposições e barramentos é capaz de baixar significativamente o IEH em uma grande extensão da bacia. Dentre as diversas combinações entre diferentes obras, aquela que possivelmente traria o maior benefício para a bacia como um todo e com o menor número de intervenções seria a com as duas transposições mais o barramento de Sítio Novo e, possivelmente, futuramente após estudos mais aprofundados, do MDGB01. Isso porque, conforme apresentado anteriormente, a maior parte dos benefícios das transposições seriam restritas ao rio Verde Grande, enquanto esses dois barramentos se encontrariam nas cabeceiras da sub-bacia do Gorutuba.

Quadro 7.1 - Resumo dos potenciais benefícios trazidos por cada intervenção, ou conjunto delas, no incremento da oferta hídrica da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande no cenário futuro (2040)

Tipo de obra	Obra	Extensão de trechos beneficiados	IEH médio do cenário modificado	IEH médio do cenário não modificado	Melhoria do IEH
Barramentos	Água Limpa	96,76	39,1%	53,4%	14,4%
	São Domingos	176,24	20,5%	23,9%	3,4%
	Sítio Novo	293,23	52,2%	71,8%	19,6%
	Suçuapara	80,73	38,8%	57,5%	18,7%
	Selecionados do PRH	559,41	38,7%	54,4%	15,7%
	Todos selecionados	716,88	30,8%	49,3%	18,5%
Transposições	Congonhas-Juramento	209,77	25,9%	54,2%	28,2%
	Jaíba	432,63	50,8%	90,9%	40,0%
	Ambas as transposições	638,36	34,9%	78,8%	43,9%
Barramentos e Transposições	Selecionados do PRH e ambas as transposições	880,43	19,3%	61,2%	41,9%
	Todos selecionados e ambas as transposições	1015,62	14,5%	55,7%	41,2%

8 CRONOGRAMA DE IMPLANTAÇÃO DAS INTERVENÇÕES SELECIONADAS E PRIORIZADAS

Neste capítulo são apresentados os resultados da Atividade A9 que, conforme o Plano de Trabalho, consiste na “Definição dos Cronogramas de Implantação das Obras”. Importante destacar de antemão, que o objeto dos cronogramas configurados abrange não apenas “obras”, mas sim “intervenções” que consideram todos os esforços, estudos e, inclusive, obras necessárias à implementação das ações selecionadas e priorizadas nas atividades anteriores.

Ou seja, abrange os barramentos propostos no PRH Verde Grande (Atividade A5), as transposições de vazões propostas no PRH Verde Grande (Atividade A6) e o inventário de novos locais de barramentos (Atividade A7), em todos os seus passos, desde o momento atual até a efetiva implantação e conclusão da implantação da intervenção.

Para tanto, os cronogramas configurados são apresentados de forma específica para cada tipologia de intervenção (nos itens 9.1, 9.2 e 9.3), mas também de forma integrada e resumida (item 9.4), objetivando possibilitar uma visão da situação conjunta envolvendo todas as intervenções.

8.1 Barramentos Propostos no PRH Verde Grande – Selecionados e Priorizados

Conforme já comentado anteriormente (item 7.1) foram considerados, para fins de definição dos cronogramas de implantação, os quatro barramentos selecionados e priorizados no capítulo anterior. Os demais (10) barramentos propostos no PRH Verde Grande deverão ser considerados na sequência dos selecionados e, preferencialmente, respeitando o ordenamento indicado pelos estudos (ver Quadro 7.2 do item 7.1). Para os quatro barramentos selecionados, são apresentados os cronogramas a seguir, contemplando as fases de estudos e projetos, aquisição das áreas, licenciamento ambiental e outorga, licitação e contratação e execução das obras.

Os prazos associados a cada uma dessas fases são aqueles usualmente verificados em intervenções similares recentemente implementadas, fruto da experiência dos técnicos da Profill. Esses prazos consideram tanto a natureza das intervenções (barragens), quanto aos seus respectivos portes.

A Fase 1 – Estudos e Projetos: engloba quatro atividades/ações, a saber: monitoramento hidrológico; preparação dos Termos de Referência para contratação dos

estudos e projetos; realização do processo licitatório para contratação dos estudos e projetos e contratação; e, por fim, a realização dos Estudos de Viabilidade e Projeto Básico e Projeto Executivo. Importante destacar que há necessidade de realização de estudo de viabilidade juntamente com Projeto Básico, com vistas a identificar a situação de viabilidade da intervenção, em nível de detalhamento compatível com o projeto de engenharia. Igualmente importante, conforme ressaltado na 2ª Oficina, é a realização de monitoramento hidrológico no ponto de implantação da intervenção, objetivando obter dados específicos, notadamente de vazões, no período até a conclusão dos projetos (agregando consistência aos dados hidrológicos considerados no presente estudo, decorrentes de modelagem hidrológica).

A Fase 2 – Aquisição das Áreas: consiste na preparação dos memoriais de desapropriação, demandam o levantamento das áreas do sítio de barramento e do reservatório, bem como das propriedades atingidas (cadastramento fundiário); na aquisição da área do sítio do barramento; e da aquisição da área do reservatório.

A Fase 3 – Licenciamento Ambiental e Outorga: consiste na obtenção de Outorga Preventiva e posterior Outorga de direito de uso de recursos hídricos; na contratação e elaboração dos estudos ambientais; e no Licenciamento Ambiental, que abrange a obtenção das Licenças Prévia, de Instalação e Operação.

A Fase 4 – Licitação e Contratação das Obras: consiste na preparação do Edital de Licitação; na licitação das obras; e na assinatura do respectivo contrato.

Por fim, a Fase 5 – Execução das Obras, que consiste na execução propriamente dita das Obras; na realização, ao final das obras, de testes e comissionamento; e no enchimento do reservatório, dando início ao período operacional da intervenção.

Os barramentos de Água Limpa e Suçupara, por terem maciços confeccionados em concreto e com volumes relativamente limitados, permitem uma execução de obra mais rápida (18 meses). Já para os casos de Sítio Novo e São Domingos, além dos maciços serem em aterro compactado, seus volumes são consideráveis (920.000 e 1.640.000 m³ respectivamente), demandando maior prazo para execução da obra, da ordem de 24 meses. Assim, os cronogramas globais para cada barramento abrangem durações de 48 meses (para Água Limpa e Suçupara) e 54 meses (para São Domingos e Sítio Novo). Os Quadro 8.1 a Quadro 8.4 apresentam os cronogramas físicos definidos para cada barramento.

Quadro 8.1 - Cronograma de Implantação do Barramento Água Limpa

Fase	Atividade/Ações	Prazo (meses)																																																									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48										
1. Estudos e Projetos	1.1. Monitoramento hidrológico	█																																																									
	1.2. Preparação dos TR e licitação dos estudos	█																																																									
	1.3. Estudo de Viabilidade e Projeto Básico	█			█																																																						
	1.4. Projeto Executivo															█																																											
2. Aquisição das Áreas	2.1. Preparação dos memoriais de desapropriação													█																																													
	2.2. Aquisição de área do Sítio do Barramento															█																																											
	2.3. Aquisição da área do Reservatório																		█																																								
3. Licenciamento Ambiental e Outorga	3.1. Obtenção de Outorga									█													█																																				
	3.2. Contratação e elaboração dos estudos ambientais					█																																																					
	3.3. Licenciamento Ambiental (obtenção LP)											█																																															
	3.4. Licenciamento Ambiental (obtenção LI)																									█																																	
	3.5. Licenciamento Ambiental (obtenção LO)																																															█											
4. Licitação e Contratação das Obras	4.1. Preparação do Edital de Licitação																							█																																			
	4.2. Licitação das Obras																									█		█																															
	4.3. Assinatura do Contrato																												█																														
5. Execução das Obras	5.1. Execução das Obras																													█																													
	5.2. Testes e Comissionamento																																															█											
	5.3. Início do Enchimento do Reservatório e da Operação																																																█										

Quadro 8.2 - Cronograma de Implantação do Barramento Sítio Novo

Fase	Atividade/Ações	Prazo (meses)																																																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
1. Estudos e Projetos	1.1. Monitoramento hidrológico	█																																																					
	1.2. Preparação dos TR e licitação dos estudos	█																																																					
	1.3. Estudo de Viabilidade e Projeto Básico	█			█																																																		
	1.4. Projeto Executivo															█																																							
2. Aquisição das Áreas	2.1. Preparação dos memoriais de desapropriação													█																																									
	2.2. Aquisição de área do Sítio do Barramento															█																																							
	2.3. Aquisição da área do Reservatório																	█																																					
3. Licenciamento Ambiental e Outorga	3.1. Obtenção de Outorga									█		█																																											
	3.2. Contratação e elaboração dos estudos ambientais					█																																																	
	3.3. Licenciamento Ambiental (obtenção LP)											█																																											
	3.4. Licenciamento Ambiental (obtenção LI)																									█																													
	3.5. Licenciamento Ambiental (obtenção LO)																																																					█	
4. Licitação e Contratação das Obras	4.1. Preparação do Edital de Licitação																							█																															
	4.2. Licitação das Obras																									█		█																											
	4.3. Assinatura do Contrato																												█																										
5. Execução das Obras	5.1. Execução das Obras																													█																									
	5.2. Testes e Comissionamento																																																					█	
	5.3. Início do Enchimento do Reservatório e da Operação																																																					█	

	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

A sequência de implementação das ações deve respeitar a priorização antes estabelecida, a saber:

- 1º - Água Limpa;
- 2º - Sítio Novo e São Domingos; e
- 3º - Suçuapara.

De forma integrada e conjunta, a cronologia de implantação dos quatro barramentos é apresentada no Quadro 8.5.

Elaborado por: 	N° da revisão: 02	Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P6_IOH_AvaliaçãoConjunta_REV02	130/155
---	----------------------	---	---------

Quadro 8.5 - Cronograma Integrado de Implantação dos Barramentos Seleccionados

Barramento	Prazo (anos/semestres)																								
	Ano 1		Ano 2		Ano 3		Ano 4		Ano 5		Ano 6		Ano 7		Ano 8		Ano 9		Ano 10		Ano 11		Ano 12		
	Sem 1	Sem 2	Sem 1	Sem 2	Sem 1	Sem 2	Sem 1	Sem 2	Sem 1	Sem 2	Sem 1	Sem 2	Sem 1	Sem 2	Sem 1	Sem 2	Sem 1	Sem 2	Sem 1	Sem 2	Sem 1	Sem 2	Sem 1	Sem 2	
Água Limpa																									
Sítio Novo																									
São Domingos																									
Suçuapara																									

Os cronogramas apresentados estão associados à disponibilidade de recursos financeiros necessários à implantação dos barramentos. No relatório P3 esses valores foram calculados e são reapresentados no Quadro 8.6.

Quadro 8.6 - Valores Financeiros Associados à Implantação dos Barramentos Selecionados

Barragem	Custos (R\$)				
	Construção	Projetos, Estudos e Licenc. Ambiental	Desapropriações	Compensação Ambiental	TOTAL
Suçupara	40.946.125,52	4.094.612,55	234.000,00	1.228.383,77	46.503.121,84
Água Limpa	42.003.080,32	4.200.308,03	510.000,00	1.260.092,41	47.973.480,76
Sítio Novo	78.832.733,32	7.883.273,33	3.840.000,00	2.364.982,00	92.920.988,65
São Domingos	140.792.160,00	14.079.216,00	3.708.000,00	4.223.764,80	162.803.140,80
Total	302.574.099,16	30.257.409,91	8.292.000,00	9.077.222,98	350.200.732,05

Obs.: sem considerar os custos de Operação e Manutenção informados no relatório P3.

8.2 Transposições de Vazões Selecionadas

As duas transposições de vazões consideradas no presente estudo foram selecionadas com vistas ao incremento de oferta hídrica na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande. Isso se deve aos seus desempenhos individuais, bem como ao fato de representarem elevado incremento frente às alternativas através de barramentos, bem como abrangerem áreas da Bacia que não são diretamente beneficiadas pelos barramentos. Quanto a esse aspecto, cabe comentar que as transposições destinam seus benefícios à calha do Verde Grande, desde a parte Alta até a Baixa, enquanto os barramentos concentram seus benefícios aos afluentes do Verde Grande. Observa-se assim, que praticamente não há concorrência direta significativa entre transposições e barramentos, entendendo-se que, ao contrário, são soluções complementares.

Para as duas transposições selecionadas, são apresentados os respectivos cronogramas a seguir, contemplando as fases de estudos e projetos, aquisição das áreas, licenciamento ambiental e outorga, licitação e contratação e execução das obras, a exemplo das fases consideradas para os barramentos, embora com diferenças de magnitude.

Os prazos associados a cada uma dessas fases são aqueles usualmente verificados em intervenções similares. Esses prazos consideram tanto a natureza das intervenções (transposições que consistem em sistemas adutores de água), quanto aos seus respectivos portes.

	<p>Tipo de Documento: Relatório Técnico</p> <p>P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO</p>	
<p>ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE</p>		

A Fase 1 – Estudos e Projetos: engloba quatro atividades: realização de contatos institucionais com os envolvidos com vistas a equalizar e nivelar questões operacionais e institucionais (é importante destacar que as duas transposições envolvem diversos atores institucionais que já desenvolvem atividades compatíveis com essas intervenções); preparação dos Termos de Referência para contratação dos estudos e projetos; realização do processo licitatório para contratação dos estudos e projetos e contratação; e, por fim, a realização dos Estudos de Viabilidade e Projeto Básico e Projeto Executivo. Na fase dos estudos de viabilidade deverão ser abordadas e equacionadas as questões estratégicas e institucionais antes referidas.

A Fase 2 – Aquisição das Áreas: consiste na preparação dos memoriais de desapropriação, demandam o levantamento das áreas ao longo dos sistemas adutores, bem como das propriedades atingidas (cadastramento fundiário); e na aquisição das áreas necessárias à implantação das transposições. O sistema adutor da Transposição Jaíba foi lançado, em grande parte, em área lateral à rodovia MG, o que pode facilitar esse processo.

A Fase 3 – Licenciamento Ambiental e Outorga: consiste na obtenção de outorga específica (associadas aos pontos de captação); na contratação e elaboração dos estudos ambientais; e no Licenciamento Ambiental, que abrange a obtenção das Licenças Prévia, de Instalação e Operação.

A Fase 4 – Licitação e Contratação das Obras: consiste na preparação do Edital de Licitação; na licitação das obras; e na assinatura do respectivo contrato.

Por fim, a Fase 5 – Execução das Obras, que consiste na execução propriamente dita das Obras; na realização, ao final das obras, de testes e comissionamento; e no início ao período operacional das transposições.

A Transposição Jaíba apresenta maior extensão do sistema adutor, sendo dividida em três segmentos, com pontos distintos de lançamento de água na calha do Verde Grande. Já a Transposição Congonhas-Juramento apresenta forte dependência da execução prévia da barragem Congonhas, para que possa entrar em fase operacional.

A execução das obras dos três segmentos da Transposição Jaíba pode ser realizada de forma concomitante, o que contribui para abreviar os prazos (estimados em 12 meses para cada segmento), que de forma imbricada possibilitam um prazo global de obras de 24 meses. Já a Transposição Congonhas-Juramento permite uma execução de obra mais

<p>Elaborado por:</p> 	<p>Nº da revisão: 02</p>	<p>Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P6_IOH_AvaliaçãoConjunta_REV02</p>	<p>133/155</p>
---	------------------------------	---	----------------

	<p>Tipo de Documento: Relatório Técnico</p> <p>P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO</p>	
<p>ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE</p>		

rápida (da ordem de 18 meses), embora a execução do túnel sempre possa comprometer um cronograma mais otimista.

Também é importante ressaltar que a Transposição Jaíba terá condições de já realizar os primeiros lançamentos de água, no ponto de desague de jusante (Jaíba), 12 meses após o início das obras. Outro aspecto interessante relativo à Transposição Jaíba é que ela poderá ser implantada por etapas, visto estar dividida em quatro trechos, sendo os dois primeiros sequenciais (do CP-3 à Jaíba e de Jaíba à Verdelândia) e os dois últimos “paralelos” (de Verdelândia em direção à Janaúba e de Verdelândia para montante pela margem do Verde Grande, em direção à foz do rio Quem-Quem). Isso possibilita antecipar benefícios e sequenciar os orçamentos.

Assim, os cronogramas globais para cada transposição de vazões abrangem durações de 50 meses para a Transposição Jaíba e 44 meses para a Transposição Congonhas-Juramento. O Quadro 8.7 e Quadro 8.8 apresentam os cronogramas físicos definidos para cada transposição.

<p>Elaborado por:</p> 	<p>Nº da revisão: 02</p>	<p>Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P6_IOH_AvaliaçãoConjunta_REV02</p>	<p>134/155</p>
---	------------------------------	---	----------------

Quadro 8.7 - Cronograma de Implantação da Transposição Jaíba

Fase	Atividade/Ações	Prazo (meses)																																																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50		
1. Estudos e Projetos	1.1. Contatos e Tratativas Institucionais	█	█																																																		
	1.2. Preparação dos TR e licitação dos estudos		█	█																																																	
	1.3. Estudo de Viabilidade e Projeto Básico			█	█	█	█	█	█	█	█	█																																									
	1.4. Projeto Executivo												█	█	█	█	█	█	█																																		
2. Aquisição das Áreas	2.1. Preparação dos memoriais de desapropriação											█	█	█	█																																						
	2.2. Aquisição das áreas ao longo do Sistema Adutor																█	█	█	█	█	█																															
3. Licenciamento Ambiental e Outorga	3.1. Obtenção de Outorga específica																																																				
	3.2. Contratação e elaboração dos estudos ambientais				█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█																																						
	3.3. Licenciamento Ambiental (obtenção LP)												█																																								
	3.4. Licenciamento Ambiental (obtenção LI)																																																				
	3.5. Licenciamento Ambiental (obtenção LO)																																																				
4. Licitação e Contratação das Obras	4.1. Preparação do Edital de Licitação																																																				
	4.2. Licitação das Obras																																																				
	4.3. Assinatura do Contrato																																																				
5. Execução das Obras	5.1. Execução das Obras																																																				
	5.2. Testes e Comissionamento																																																				
	5.3. Início da Operação																																																				

Quadro 8.8 - - Cronograma de Implantação da Transposição Congonhas-Juramento

Fase	Atividade/Ações	Prazo (meses)																																																			
		1 a 36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80							
0. Construção da Barragem de Congonhas																																																					
1. Estudos e Projetos	1.1. Contatos e Tratativas Institucionais																																																				
	1.2. Preparação dos TR e licitação dos estudos																																																				
	1.3. Estudo de Viabilidade e Projeto Básico																																																				
	1.4. Projeto Executivo																																																				
2. Aquisição das Áreas	2.1. Preparação dos memoriais de desapropriação																																																				
	2.2. Aquisição das área ao longo do Sistema Adutor																																																				
3. Licenciamento Ambiental e Outorga	3.1. Obtenção de Outorga específica																																																				
	3.2. Contratação e elaboração dos estudos ambientais																																																				
	3.3. Licenciamento Ambiental (obtenção LP)																																																				
	3.4. Licenciamento Ambiental (obtenção LI)																																																				
	3.5. Licenciamento Ambiental (obtenção LO)																																																				
4. Licitação e Contratação das Obras	4.1. Preparação do Edital de Licitação																																																				
	4.2. Licitação das Obras																																																				
	4.3. Assinatura do Contrato																																																				
5. Execução das Obras	5.1. Execução das Obras																																																				
	5.2. Testes e Comissionamento																																																				
	5.3. Início da Operação																																																				

	<p>Tipo de Documento: Relatório Técnico</p> <p>P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO</p>	
<p>ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE</p>		

A sequência de implantação das transposições deve respeitar a priorização antes estabelecida (conforme item 7.2), a saber:

- 1º - Transposição Jaíba; e
- 2º - Transposição Congonhas-Juramento

De forma integrada e conjunta, a cronologia de implantação das duas transposições deve respeitar a priorização definida, indicando-se iniciar pela Transposição Jaíba, embora sem paralisar qualquer iniciativa que, porventura, esteja sendo desenvolvida no âmbito da Transposição Congonhas-Juramento. Assim, pode-se, inclusive, entender algum paralelismo entre as duas transposições, visto envolverem questões institucionais específicas e não concorrentes.

Da mesma forma que para os barramentos, os cronogramas ora apresentados estão associados à disponibilidade de recursos financeiros necessários à implantação das transposições de vazões. No relatório P4 esses valores foram estimados, a saber:

- Transposição Congonhas-Juramento: R\$ 343.263.784,00 (incluído o custo da Barragem Congonhas); e
- Transposição Jaíba: R\$ 337.437.342,39.

No caso da Transposição Congonhas-Juramento o valor informado refere-se ao total dos custos necessários à construção da Barragem Congonhas e à Transposição, visto que sem a existência da barragem, a Transposição não é possível.

Com vistas a equiparar os custos totais de implantação entre barramentos e transposições, são apresentados no Quadro 8.9 os custos associados, relativos a estudos e projetos, compensação ambiental e desapropriação. Estes custos foram estimados com base nos percentuais adotados para as barragens (10% para estudos e projetos e 3% para compensação ambiental), sendo que no caso das desapropriações, foi calculada a área necessária à implantação do sistema adutor e adotado o mesmo custo unitário considerado para os barramentos.

<p>Elaborado por:</p> 	<p>Nº da revisão: 02</p>	<p>Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P6_IOH_AvaliaçãoConjunta_REV02</p>	<p>137/155</p>
---	------------------------------	---	----------------

Quadro 8.9 - Valores Financeiros Associados à Implantação das Transposições de Vazões

Transposição	Custos (R\$)				
	Construção	Projetos, Estudos e Licenc. Amb.	Desapropriações	Compensação Ambiental	TOTAL
Jaíba	337.437.342,39	33.743.734,24	760.000,00	10.123.120,27	382.064.196,90
Congonhas - Juramento	99.502.741,00	9.950.274,10	172.000,00	2.985.082,23	112.610.097,33
Total	436.940.083,39	43.694.008,34	932.000,00	13.108.202,50	494.674.294,23

Obs.: No caso da Transposição Congonhas-Juramento deve ser acrescido o custo de implantação da barragem Congonhas, estimado em R\$ 243.761.043,00.

8.3 Inventário de Novos Locais de Barramentos

Na Atividade 7 foram elaborados os estudos relativos ao “Inventário de Novos Locais de Barramentos”, enquanto nas Oficinas foram trabalhados os aspectos relativos à seleção e priorização daqueles locais inventariados com melhores condições de viabilidade, à luz dos aspectos considerados anteriormente para os barramentos propostos no PRH Verde Grande.

Assim, foram selecionados três barramentos em cada compartimento da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande inventariada:

- margem esquerda do Médio Verde Grande: Córrego Vereda, Rio Arapoim e Córrego São Vicente; e
- margem direita do Médio-Baixo Gorutuba: Rio Serra Branca, Córrego Boqueirão do Encantado e Riacho Piranhas (montante Jacu).

Para os seis barramentos selecionados, independente de priorização, visto que o nível de informações disponível no inventário é relativamente limitado, deverão ser desenvolvidos estudos mais aprofundados, em nível de estudo de viabilidade.

Nesse sentido, a cronologia proposta está baseada na execução das seguintes atividades, que consideram o grupo dos barramentos selecionados no inventário de forma conjunta:

- monitoramento hidrológico local;
- preparação dos Termos de Referência para contratação de estudo de viabilidade, abrangendo aspectos técnicos, econômico-financeiros, sociais, ambientais, legais, estratégicos e de segurança, para os seis barramentos selecionados em conjunto;
- realização do processo licitatório para contratação do estudo de viabilidade e contratação; e

- realização do Estudo de Viabilidade.

Ao término dessas atividades, será possível identificar, com maior grau de precisão, as reais condições de viabilidade de cada local, indicando aquele ou aqueles que deverão ter seus estudos continuados (no sentido de elaborar os respectivos projetos de engenharia). O Quadro 8.10 apresenta a cronologia das atividades propostas.

Quadro 8.10 - Cronograma de Atividades para os Barramentos Selecionados no Inventário

Atividade/Ações	Prazo (meses)															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1.1. Monitoramento hidrológico																
1.2. Preparação dos TR do estudo de viabilidade																
1.3. Licitação e contratação do estudo de viabilidade																
1.4. Estudo de Viabilidade																

A execução das atividades referidas implicará na necessidade de recursos financeiros, estimados em R\$ 1.000.000,00.

8.4 Situação Conjunta (Barramentos e Transposições)

Em termos combinados, considerando os quatro barramentos selecionados, as duas transposições consideradas e selecionadas e a continuidade dos estudos decorrentes do inventário, cujos respectivos cronogramas foram apresentados nos itens 9.1, 9.2 e 9.3, apresenta-se uma proposta de cronologia de implementação, que incorpora os resultados das condições verificadas, comparativamente, para cada uma dessas naturezas de intervenções. Essa proposição está apresentada no Quadro 8.11.

Quadro 8.11 - Cronologia Propositiva Combinada para Implementação das Intervenções

Intervenção	Prazo (meses / anos)																																																																																																																																																																																																											
	Ano 1												Ano 2												Ano 3												Ano 4												Ano 5												Ano 6												Ano 7												Ano 8												Ano 9												Ano 10												Ano 11												Ano 12																																																																							
Barramentos (A5)																																																																																																																																																																																																												
Água Limpa																																																																																																																																																																																																												
Sítio Novo																																																																																																																																																																																																												
São Domingos																																																																																																																																																																																																												
Suçupara																																																																																																																																																																																																												
Transposições (A6)																																																																																																																																																																																																												
Jaíba																																																																																																																																																																																																												
Congonhas-Juramento																																																																																																																																																																																																												
Inventário (A7)																																																																																																																																																																																																												

	<p>Tipo de Documento: Relatório Técnico</p> <p>P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO</p>	
<p>ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE</p>		

9 SOLEIRAS VERTENTES

Conforme o escopo contratual, o presente estudo sobre as Soleiras Vertentes não integra a relação de trabalho contratada. No entanto, face à importância deste tema no contexto da bacia, a Profill optou por realizar uma avaliação técnica preliminar.

Durante a realização da primeira reunião com o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, no âmbito do presente trabalho, ocorrida em Montes Claros no dia 10 de setembro de 2019, para apresentação do Plano de Trabalho para “Análise e Proposta da Melhor Alternativa de Incremento da Oferta Hídrica na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, considerando as ações de regularização e transposição de vazões entre bacias, apresentadas em seu plano de recursos hídricos”, representantes do Comitê externaram interesse na elaboração de estudos relativos às denominadas “Soleiras Vertentes”.

Assim, este estudo específico foi acordado com o Comitê do Verde Grande, tendo por objetivo analisar, preliminarmente, essas estruturas, agregando conhecimento técnico ao tema que tem pautado atenções.

A análise técnica das Soleiras Vertentes consistiu em abordagem técnica, baseada em dados e informações disponíveis. Foram consideradas, inicialmente, as informações disponibilizadas no PRH - Verde Grande e Nota Técnica ANA nº 10/2018. Na sequência, foi realizada uma pesquisa direta sobre imagem de satélite ao longo da calha do rio Verde Grande, com vistas a visualizar as estruturas relacionadas na Nota Técnica. Igualmente, foi elaborado mapa geológico-geotécnico apresentando os principais elementos condicionantes do comportamento e desempenho dessas estruturas no que se refere à interface superficial-subterrâneo. Esse mapa, desenvolvido pela PROFILL, foi consolidado com informações disponibilizadas em mapeamento realizado pela CPRM/ANA.

Com base nas informações então obtidas foi realizada análise técnica preliminar sobre o desempenho técnico dessas estruturas. Importante referir que estava prevista uma vistoria em campo para análise direta de algumas soleiras, com vistas a consolidar a avaliação técnica, no entanto as restrições impostas pela situação de pandemia de Covid-19 não possibilitaram essa vistoria.

Tais estruturas já haviam sido objeto de análise, tanto no PRH - Verde Grande, quanto pela Nota Técnica ANA nº 10/2018, que trata do Marco Regulatório de condições de uso dos recursos hídricos no sistema hídrico rio Verde Grande.

<p>Elaborado por:</p> 	<p>Nº da revisão: 02</p>	<p>Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P6_IOH_AvaliaçãoConjunta_REV02</p>	<p>141/155</p>
---	------------------------------	---	----------------

	<p>Tipo de Documento: Relatório Técnico</p> <p>P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO</p>	
<p>ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE</p>		

Basicamente, consistem em estruturas de dimensões limitadas, posicionadas dentro da calha do rio Verde Grande, destinadas à formação de lâmina de água suficiente para possibilitar condições operacionais para captações localizadas nas margens do rio. Por situarem-se sobre o leito menor do rio, não alcançando as margens (através de ombreiras), são denominadas de Soleiras Vertentes. De uma forma geral, não implicam em reservação significativa de água. Nos últimos anos, diversas dessas estruturas foram implantadas na calha do rio Verde Grande, a maioria sem a devida regularização (outorga).

Assim, foram desenvolvidos estudos com o objetivo de agregar conhecimentos ao tema, auxiliando o Comitê nos seus posicionamentos e tomadas de decisão acerca dessas estruturas hidráulicas.

Inicialmente, o PRH - Verde Grande, abordou essa questão no Programa 1.1 – Implementação dos Instrumentos de Gestão, do Componente 1 – Gestão de Recursos Hídricos. Neste Programa foram propostas sete Diretrizes para a Consolidação da Outorga na bacia, sendo uma delas a não concessão de outorgas para as barragens de nível (denominação então adotada para as estruturas, ora referidas como Soleiras Vertentes).

A seguir transcreve-se o texto do Relatório Final (Volume II) do PRH - Verde Grande, que trata do assunto:

A implantação das chamadas barragens de níveis tem sido um pedido recorrente de irrigantes e municípios da bacia como forma de aumentar a disponibilidade hídrica no tempo seco, através da criação de pequenos reservatórios que impedem que o rio “seque” no caso de estiagens mais severas.

Tratam-se de barragens de pequena altura, tipo soleira vertente, instaladas dentro do leito do rio, que geram pequenos reservatórios, que termina por gerar uma falsa impressão de disponibilidade, uma vez que a água retida passa a faltar para usuários a jusante.

Este conceito relativo a estas obras está materializado na NT 073 – SOF/ANA, de modo que é reforçado neste programa no âmbito do PRH - Verde Grande.

Outro problema decorrente da implantação dessas obras é o risco de que se aumente a demanda por água, uma vez que a obra, localmente, pode viabilizar um novo usuário, ainda que em prejuízo de um usuário de jusante.

<p>Elaborado por:</p> 	<p>Nº da revisão: 02</p>	<p>Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P6_IOH_AvaliaçãoConjunta_REV02</p>	<p>142/155</p>
---	------------------------------	---	----------------

	<p>Tipo de Documento: Relatório Técnico</p> <p>P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO</p>	
<p>ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE</p>		

Finalmente, o monitoramento de qualidade das águas da bacia (bem como a modelagem realizada) indicam que as águas do Verde Grande apresentam grandes teores de nutrientes e clorofila a, de modo que a transformação do escoamento de lótico para lântico, além dos trechos em que isso ocorre naturalmente, pode aumentar os riscos de eutrofização das águas do rio Verde Grande.

Desse modo recomenda-se que as solicitações de construção de Barragens de nível no Verde Grande não sejam outorgadas.

Mais recentemente, a ANA, através da Nota Técnica nº 10/2018, que trata do Marco Regulatório de condições de uso dos recursos hídricos no sistema hídrico rio Verde Grande, também se posicionou sobre essas estruturas, no item Barramentos no rio Verde Grande, que abrange os parágrafos 14 a 20, a seguir transcritos:

14. Outro fator relevante para a análise do problema é a existência de barramentos no leito do rio, grande parte deles construídos para elevação de nível visando facilitar a captação da água. O único barramento existente e regularizado foi outorgado pela Resolução ANA nº 775, de 2009, para a Prefeitura Municipal de Verdelândia, com volume estimado de 1,116 hm³ e área inundada igual a 2,68 hectares, localizado às coordenadas 15° 26' 45" Sul e 43° 39' e 35" Oeste. Destaque-se que o reservatório formado por esse barramento não possui, atualmente, qualquer usuário regular. O atendimento de comunidade próxima (Amargosa) é realizado por meio de poço profundo e a captação para abastecimento da cidade de Verdelândia é realizada às coordenadas 15° 35' 45,02" Sul e 43° 36' 16,3" Oeste, onde se localiza o ponto autorizado para a COPASA (Resolução ANA nº 802/2008 e CNARH 160.515).

15. Outros barramentos foram identificados no rio e mais alguns foram propostos pelos usuários, notadamente a partir da cidade de Verdelândia. A Figura 4 apresenta o mapeamento realizado pela ANA até a presente data.

16. Avaliação baseada no Plano de Recursos Hídricos da bacia, aprovado em 2016, apresenta argumentos desfavoráveis à existência dessas pequenas barragens no leito do rio Verde Grande, tais como: restrição ao uso de usuários a jusante; fomento à implantação de usuários no entorno do espelho d'água; insignificância para o aumento da disponibilidade geral; risco de eutrofização

<p>Elaborado por:</p> 	<p>Nº da revisão: 02</p>	<p>Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P6_IOH_AvaliaçãoConjunta_REV02</p>	<p>143/155</p>
---	------------------------------	---	----------------

	<p>Tipo de Documento: Relatório Técnico</p> <p>P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO</p>	
<p>ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE</p>		

das águas, causada pelo regime lântico das águas; impedimento da piracema dos peixes; dentre outras.

17. De toda forma, a construção de barramentos somente deveria ser autorizada caso as consequências negativas vislumbradas pelo Plano da Bacia fossem compensadas. Estudo que permita analisar eventuais vantagens hidrológicas ou aos usos deveria ser realizado e submetido à apreciação da ANA e dos órgãos ambientais do Estado de Minas Gerais antes de qualquer alteração à restrição de sua construção.

18. Por outro lado, barramentos que permitam aumentar a garantia ao uso para abastecimento público deveriam ser analisados e localizados estrategicamente no leito do rio, podendo constituir pontos de controle das vazões em seções de interesse para a gestão, desde que devidamente equipados para operação controlada.

19. Deve-se destacar também que a construção de barramento para eventual captação para Montes Claros não implica na aceitação de outros barramentos no curso do rio, salvo aquele construído para a finalidade de abastecimento público de Verdelândia. Mesmo o barramento existente neste município, hoje outorgado por meio da Resolução ANA nº 775/2009, a jusante da sede do município de Verdelândia, deverá possuir dispositivo que garanta sua abertura total até que haja efetivo uso para abastecimento público no reservatório, ainda não planejado pela COPASA.

20. Conforme diagnosticou o Plano de Recursos Hídricos da Bacia, é imprescindível que as águas superficiais possam correr livremente e, assim, permita-se o controle das regras propostas no marco regulatório. Tal situação somente poderá ser alterada caso haja estudo que permita identificar vantagens até então não evidentes.

Conforme o PRH - Verde Grande, a utilização desse tipo de estrutura hidráulica na calha do rio Verde Grande cria uma “falsa impressão” de disponibilidade hídrica que efetivamente não ocorre (na realidade o que ocorre localizadamente, a montante da estrutura, é a formação de uma lâmina de água que possibilita melhores condições de captação de água, sem, no entanto, haver efetiva disponibilidade de água). Como decorrência, alerta para o fato de haver incentivo ao aumento da demanda de água localizada, por conta das melhores condições operacionais de captação de água. Esse

<p>Elaborado por:</p> 	<p>Nº da revisão: 02</p>	<p>Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P6_IOH_AvaliaçãoConjunta_REV02</p>	<p>144/155</p>
---	------------------------------	---	----------------

	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

fato também levaria a um comprometimento de eventuais e potenciais demandas hídricas a jusante da estrutura.

Em termos de qualidade das águas, alerta para o risco de eutrofização das águas, visto que tais estruturas alterariam o regime de escoamento de lótico para lântico, o que, de forma localizada, compromete a qualidade dos recursos hídricos podendo vir a limitar determinados usos de água mais exigentes. Como conclusão, o PRH - Verde Grande, em seu relatório final, recomenda que não sejam liberadas solicitações para implantação dessas estruturas.

A Nota Técnica ANA nº 10/2018, baseou-se no PRH - Verde Grande, mas estendeu a análise, incorporando novas informações. Ressalta o baixo nível de regularização dessas estruturas (implantadas sem as devidas licenças e respectivas outorgas). No âmbito ambiental acrescenta o impedimento à piracema dos peixes que essas estruturas, se executadas sem os devidos cuidados, podem efetivar. Condiciona a execução dessas estruturas à realização de estudos que possibilitem conferir compensações às consequências negativas identificadas no PRH - Verde Grande, submetidos à ANA e aos órgãos ambientais competentes. Indica a possibilidade de determinadas estruturas destinadas a aumentar a garantia ao abastecimento público serem analisadas, desde que localizadas estrategicamente e como potenciais pontos de controle de vazões, em seções de interesse para a gestão, e desde que devidamente equipadas para operação controlada. Ressalta a necessidade de haver fluxo ao longo do rio, possibilitando a gestão das suas águas através de controles em determinadas seções de interesse. Termina reforçando a necessidade de estudos que indiquem vantagens ou compensações às consequências negativas da implantação dessas estruturas, para que haja uma alteração na avaliação crítica das soleiras vertentes.

Observa-se, assim, que os dois referenciais técnicos conferem efeitos negativos à implantação das soleiras vertentes, ficando clara a necessidade de estudos mais detalhados que possam apresentar respostas técnicas consistentes e efetivas sobre a viabilidade global dessas estruturas no âmbito da gestão das águas na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande.

Neste contexto, a presente análise técnica pode consistir em avanço no sentido de um melhor entendimento dessas estruturas e dos condicionantes que as envolvem. No entanto, deve ficar claro que não se trata especificamente do estudo referido na Nota

Elaborado por: 	N° da revisão: 02	Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P6_IOH_AvaliaçãoConjunta_REV02	145/155
---	----------------------	---	---------

	<p>Tipo de Documento: Relatório Técnico</p> <p>P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO</p>	
<p>ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE</p>		

Técnica, de natureza mais detalhada e ampla e, por decorrência, incompatível com o prazo, o escopo e o valor do presente contrato.

Importante entender, então, que a presente análise serve como uma primeira abordagem técnica sobre o tema, com vistas a possibilitar um processo de avanço no conhecimento técnico, com vistas a dirimir dúvidas atuais sobre a eficiência e funcionalidade das estruturas, bem como identificar benefícios ou compensações ainda não vislumbradas para essas estruturas, no âmbito da gestão das águas na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande.

Os elementos ora apresentados resultam de uma primeira avaliação das informações disponíveis e de esforço de escritório (por decorrência do quadro de pandemia, não foi possível realizar inspeção expedita de campo inicialmente pretendida).

A determinação da existência e localização dessas estruturas é o primeiro passo da presente análise. Para tanto, foi adotada como referencial a Figura 4 da Nota Técnica ANA nº 10/2018, que indica as Soleiras Vertentes existentes e propostas na calha do rio Verde Grande. Como resultado, foi elaborado o Mapa 9.1, no qual são apresentadas, além das estruturas existentes e propostas, outras identificadas através de inspeção visual sobre imagem de satélite atualizada (Google Earth, 2019).

Seguindo-se pela calha do rio Verde Grande, desde a Soleira Vertente existente informada a montante de Verdelândia, até a sua foz no rio São Francisco, foram identificados um total de 16 intervenções na calha do rio Verde Grande: as 10 soleiras vertentes existentes identificadas na Nota Técnica ANA nº 10/2018 e outras seis estruturas, sendo quatro soleiras vertentes e duas intervenções na calha do rio, que pelas restrições técnicas das imagens consultadas, não permitiram sua exata identificação em termos estruturais.

Esse fato, novas intervenções na calha do rio Verde Grande, sejam de Soleiras Vertentes ou não, é preocupante, pois configura um quadro de intervenções no leito do rio Verde Grande, até certo ponto descontrolado, sem o devido conhecimento e autorização das autoridades responsáveis pela gestão das águas e ambiental na bacia. Essa situação reforça a importância do estudo referido pela ANA, no sentido de garantir efetividade à gestão das águas, notadamente no âmbito do Marco Regulatório. Ainda, tais estruturas podem alterar as condições de fluxo ao longo do rio, afetando as seções de controle utilizadas para a gestão das águas.

<p>Elaborado por:</p> 	<p>Nº da revisão: 02</p>	<p>Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P6_IOH_AvaliaçãoConjunta_REV02</p>	<p>146/155</p>
---	------------------------------	---	----------------

	<p>Tipo de Documento: Relatório Técnico</p> <p>P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO</p>	
<p>ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE</p>		

No Mapa 9.1, são apresentadas as Soleiras Vertentes existentes e propostas (conforme Nota Técnica nº 10/2018), bem como aquelas identificadas na pesquisa ora realizada. Além das localizações, no Mapa são apresentadas, também, as imagens de cada estrutura obtidas de imagens de satélite.

<p>Elaborado por:</p> 	<p>Nº da revisão: 02</p>	<p>Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P6_IOH_AvaliaçãoConjunta_REV02</p>	<p>147/155</p>
---	------------------------------	---	----------------

Mapa 9.1 - Soleiras Vertentes na Calha do Rio Verde Grande

Legenda

- Sede Municipal
 - Soleiras identificadas através do GoogleEarth
 - Soleiras identificadas na Nota Técnica ANA nº 10/2018
 - Soleiras propostas na Nota Técnica ANA nº 10/2018
 - Limite Municipal
 - Limite Estadual
 - Limite da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande
- Sub-Bacia**
- Alto Verde Grande
 - Médio Verde Grande - Trecho Alto
 - Alto Gorutuba
 - Médio e Baixo Gorutuba
 - Médio Verde Grande - Trecho Baixo
 - Alto Verde Pequeno
 - Baixo Verde Pequeno
 - Baixo Verde Grande

Localização



Informações

Fonte de dados:
 - Sede municipal: IBGE, 2017
 - Limite municipal: IBGE, 2017
 - Limite estadual: IBGE, 2017
 - Hidrografia: ANA, 2017 (BHO 5k)
 - Limite da Bacia do Verde Grande: ANA, 2013
 - Limite das Sub-bacias: ANA, 2013
 - Soleiras: Nota Técnica ANA nº 10/2018, Imagens GoogleEarth, 2020

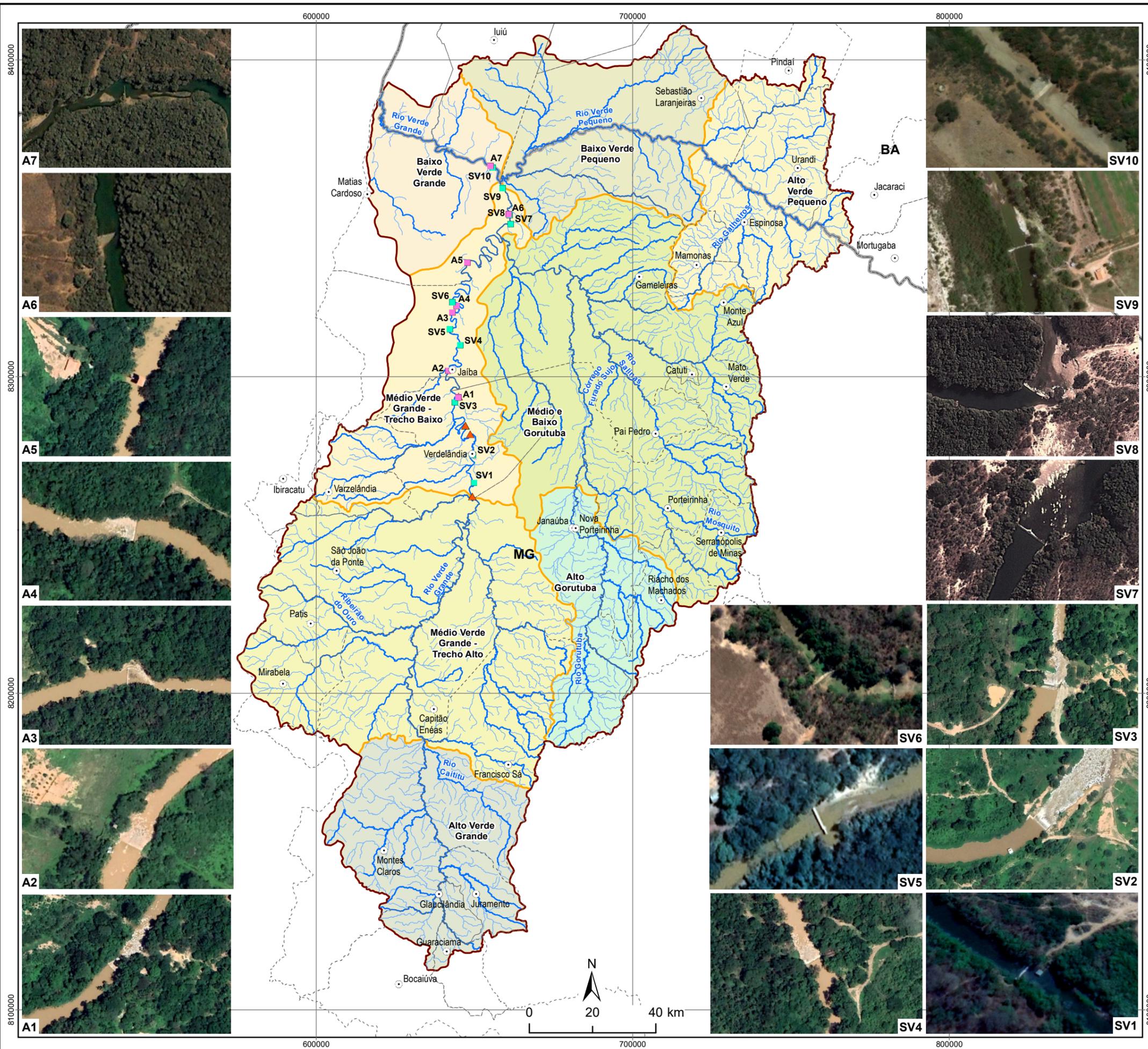
Sistema de Coordenadas UTM
 Datum SIRGAS2000
 Zona 23S
 Escala: 1:1.200.000

Dados do Projeto

Análise e proposta da melhor alternativa de **INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE** considerando ações de regularização e transposição de vazões entre bacias, apresentadas em seu Plano de Recursos Hídricos (PRH-Verde Grande)

P6 - Avaliação Conjunta das Soluções Abordadas e Definição de Cronograma para Implementação

Execução técnica Acompanhamento Realização



	<p>Tipo de Documento: Relatório Técnico</p> <p>P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO</p>	
<p>ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE</p>		

Em termos técnicos, as Soleiras Vertentes são estruturas hidráulicas posicionadas junto à calha do rio Verde Grande, transversalmente ao sentido do fluxo, consistindo em um perfil vertente confeccionado em concreto, com pequena altura. A estrutura em concreto fica encaixada no leito menor do rio e seu efeito é mais perceptível em situações de baixas vazões, quando impõe uma elevação no nível da água a montante.

Sendo uma estrutura de concreto, é executada diretamente sobre o substrato rochoso, de base calcária. Esse fato contribui para atenuar o efeito erosivo provocado pelo fluxo vertido, a jusante da estrutura, quando há a dissipação de energia.

Com efeito, observando-se o perfil longitudinal da calha do rio Verde Grande, desde a confluência do rio Quem-Quem, a montante da cidade de Verdelândia, até a confluência do rio Gortuba, a jusante da cidade de Jaíba, é possível observar a ocorrência de diversos pontos com afloramento do substrato rochoso (indicando baixíssimas alturas de lâminas de água com vazões mínimas), entremeados por trechos onde há maiores profundidades da lâmina de água do rio (para a mesma condição de fluxo – vazões baixas).

Essa situação foi verificada ao se realizar um mapeamento das condições geológicas e hidrogeológicas da bacia, com destaque para o leito do rio Verde Grande, conforme apresentado mais adiante.

Face às características dessas estruturas hidráulicas, e às condições topográficas ao longo da calha do rio Verde Grande, não ocorrem significativas acumulações de água a montante, mas apenas uma elevação na altura da lâmina de água sobre o leito do rio, equivalente à altura da estrutura acrescida da altura da lâmina sobre o vertedor (que em casos de baixas vazões no rio é, também, de pequena magnitude).

Para uma situação hipotética (a restrição à realização da inspeção de campo impossibilitou eleger um caso prático e específico para orientar essa avaliação técnica), com estrutura com altura de 1,5 m, é possível ocorrer profundidades a montante da soleira vertente da ordem de 1,7 m, para baixas vazões (da ordem de 3 m³/s), considerando a largura média do rio variando de 15 a 20 m (como sendo o comprimento da soleira vertente).

No trecho do rio Verde Grande entre Verdelândia e a confluência do rio Verde Pequeno, onde se localizam a maioria das soleiras vertentes identificadas, a declividade média do leito é da ordem de 0,16 m/km. Mais especificamente no trecho entre

<p>Elaborado por:</p> 	<p>Nº da revisão: 02</p>	<p>Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P6_IOH_AvaliaçãoConjunta_REV02</p>	<p>149/155</p>
---	------------------------------	---	----------------

	<p>Tipo de Documento: Relatório Técnico</p> <p>P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO</p>	
<p>ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE</p>		

Verdelândia e Jaíba essa declividade média pode alcançar 0,30 m/km, conforme valores obtidos diretamente da base cartográfica elaborada para o presente estudo, considerando as cotas do leito do rio nos pontos de referência citados e as respectivas distâncias entre eles – pelo traçado do leito do rio.

Utilizando essas duas grandezas, altura da lâmina de água e declividade média do leito do rio, a estrutura hipotética considerada, localizada entre Verdelândia e Jaíba, proporcionaria um estirão (extensão da lâmina de água represada) de até 5 km a montante da estrutura. De fato, conforme situações visíveis nas imagens de satélite são observados estirões da ordem de 2 a 3 km, para algumas estruturas identificadas.

Obviamente, o leito do rio Verde Grande não apresenta uma declividade linear e contínua, mas sim uma sucessão de “altos e baixos”, representados pelos afloramentos do leito rochoso e por poções, como pode ser observado nas imagens de satélite. Desta forma, as considerações e valores ora adotados são parâmetros médios que representam uma situação hipotética, porém ajustada às condições topográficas e hidráulicas locais, e destinam-se a fornecer dados para a análise técnica.

Assim, considerando uma altura de lâmina de 1,7 m a montante da estrutura, largura média da calha do rio de 15 m e estirão de 2,5 km, resulta em um volume represado³ da ordem de 35.000 m³. O caso citado na Nota Técnica ANA nº 10/2018, relativo à estrutura em Verdelândia é específico e se refere à situação com maiores dimensões que as consideradas nos presentes cálculos (que refletem a situação média das soleiras identificadas ao longo rio Verde Grande).

Ou seja, as soleiras vertentes não resultam em estruturas de reservação, mas sim de represamentos localizados, implicando na elevação da lâmina de água no rio, equivalente à sua altura. Não havendo volume significativo de reservação, não há consequente efeito de regularização, mas apenas uma melhora nas condições para possíveis captações a montante dessas estruturas.

Aliás, essa é uma realidade verificada na maioria dos casos, visto que a montante das soleiras vertentes identificadas foram observadas as presenças de estruturas de

³ Considerada lâmina média de 0,95 m (média entre o valor máximo de 1,7 m junto à estrutura e 0,2 m no extremo de montante da cunha de represamento).

<p>Elaborado por:</p> 	<p>Nº da revisão: 02</p>	<p>Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P6_IOH_AvaliaçãoConjunta_REV02</p>	<p>150/155</p>
---	------------------------------	---	----------------

	<p>Tipo de Documento: Relatório Técnico</p> <p>P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO</p>	
<p>ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE</p>		

captação de água junto à calha do rio Verde Grande, bem como a presença de áreas irrigadas (notadamente com pivôs centrais).

Assim, se por um lado não há efeito de regularização de vazões que caracterize essas estruturas, objetivo do presente estudo de Incremento da Oferta de Água, face à situação hídrica deficitária da bacia, há uma melhora nas condições de captação, localizadas a montante das soleiras (até um ou no máximo dois km). Essa constatação confirma a assertiva do PRH - Verde Grande e da Nota Técnica da ANA, revelando a necessidade de regular e ordenar a implantação e operação de tais estruturas que, sem dúvidas, propiciam o incremento do uso da água do rio Verde Grande ao melhorar as condições operacionais para a captação de água.

O fato de haver limitado represamento das águas do rio a montante das soleiras, implica em reduzidas perdas por evaporação, uma realidade bastante significativa para os reservatórios da região. No caso em tela, a superfície gerada seria da ordem de, no máximo, 4 ha, sendo que deste valor, parcela significativa refere-se à superfície da água do próprio rio em condições naturais. Apenas em termos exemplificativos, ao se considerar a metade do valor acima referido (2 ha) para a superfície de água acrescida pela soleira vertente, a perda por evaporação seria equivalente a 1 L/s, tendo por base as normais evaporimétricas locais.

Por outro lado, as perdas de água subterrâneas podem ser mais significativas, e dependendo da localização da soleira vertente, podem incrementar ainda mais o regime de afluições e efluências (surgência e insurgência) entre os escoamentos superficial e subterrâneo, que impactam diretamente no comportamento do regime fluvial do rio Verde Grande. A ANA, na já referida Nota Técnica, evidencia esse comportamento peculiar, notadamente nos parágrafos 9 a 11 transcritos a seguir:

9. Tal impedimento teve um efeito não esperado na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande: boa parte dos usuários passou a utilizar poços subterrâneos e “nesse processo contínuo, em paralelo à ocorrência de períodos de estiagem prolongada, iniciou-se um desequilíbrio do balanço de água do sistema cárstico, evidenciado tanto pela ausência de água na calha de drenagem do rio Verde Grande em Jaíba, quanto pela diminuição da vazão de poços tubulares”. Esse é o diagnóstico presente na versão preliminar do Relatório Final da Avaliação Hidrogeológica dos Sistemas Aquíferos Cársticos e Fissurocársticos na região hidrográfica do São Francisco, contratado pela ANA, em

<p>Elaborado por:</p> 	<p>Nº da revisão: 02</p>	<p>Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P6_IOH_AvaliaçãoConjunta_REV02</p>	<p>151/155</p>
---	------------------------------	---	----------------

2017, cujo objetivo foi propor a gestão integrada e compartilhada de todos os recursos hídricos da bacia.

10. Ora, a provável forte interação entre águas superficiais do rio Verde Grande e o aquífero subterrâneo adjacente é fator agravante nesse problema. O relatório citado no item anterior identifica pontos de surgências e insurgências no leito do rio, 3 km a montante da sede do município de Jaíba, com forte impacto nas vazões a jusante. A hipótese inicial é que em momentos de baixa vazão no curso principal e de uso intenso das águas subterrâneas, o rio, por meio dos sumidouros, abastece o aquífero. Em situação inversa, em altas vazões no rio, parte delas viria do aquífero subterrâneo, ocasião em que os sumidouros passam a se comportar como surgências. Estudos geofísicos preliminares mapearam por meio da resistividade das águas a situação apresentada na Figura 1 sem, no entanto, ser conclusivo.

11. Esse fenômeno foi observado pelo especialista em recursos hídricos Bruno Collischonn, em 20 de março de 2017, quando o rio estava com baixa vazão e os sumidouros encontravam-se “afogados”. A vistoria à região em destaque na Figura 1, às coordenadas 15° 22’ 53” Sul e 43° 41’ 06” Oeste, conforme registrado no Parecer Técnico nº 6/2017/SRE, registrou vazão no rio 10 m a montante do “sumidouro” igual a 425 L/s, enquanto a vazão em ponto 20 m a jusante era igual a 192 L/s. Não foi observado qualquer uso entre os dois pontos de medição, ou seja, 217 L/s “sumiram” entre um ponto e outro. Ressalte-se que tais medições estão sujeitas a imprecisões e não determinam valores absolutos de insurgência. A confirmação do comportamento hidráulico do rio nesse trecho dependerá, então, de monitoramento contínuo a ser realizado nas diversas situações hídricas, tanto de afluência do rio quanto de disponibilidade no aquífero subterrâneo, resultados ainda inexistentes.

Nesse sentido, a PROFILL elaborou estudo específico com o objetivo de melhor caracterizar o comportamento da interação entre as águas superficiais e subterrâneas na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, com maior atenção para a calha do rio entre a confluência do rio Quem-Quem e a confluência do rio Verde Pequeno.

A Figura 9.1 apresenta uma parte (área de interesse da presente análise) do mapeamento realizado com vistas a configurar as profundidades dos níveis de água dos aquíferos na bacia.

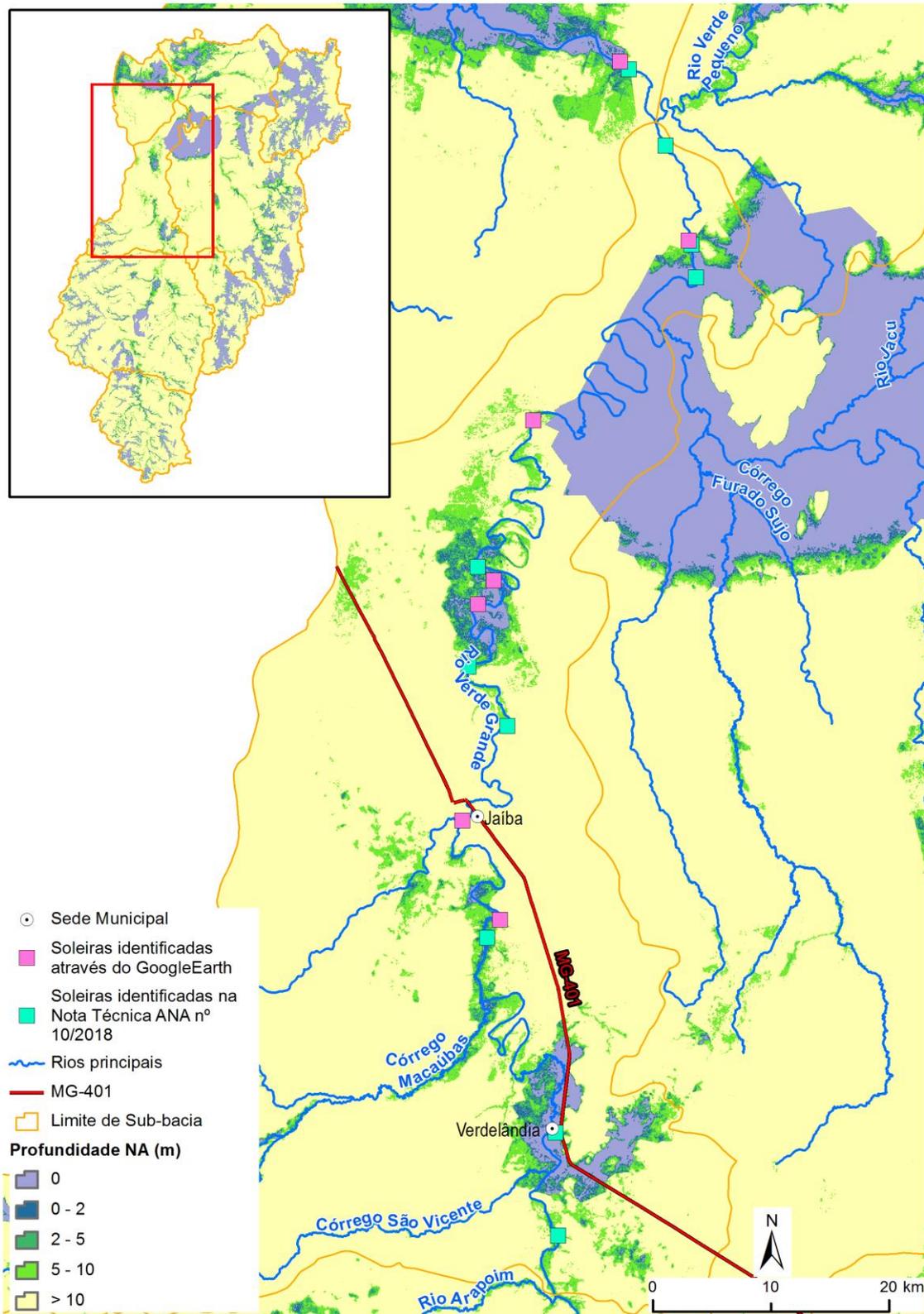


Figura 9.1 – Profundidade do Nível de Água nos Aquíferos como Indicativo de Fluxo de Água.

	<p>Tipo de Documento: Relatório Técnico</p> <p>P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO</p>	
<p>ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE</p>		

Esse mapeamento foi resultado de cruzamento de informações geológicas, hidrogeológicas e de poços. Importante ressaltar que o rio Verde Grande corre ao longo de linhas de fraturamento sobre o substrato rochoso calcário, que se caracteriza por ser não-estanque. Este fato mostra as condições adversas à reservação ou represamento de águas ao longo da sua calha, bem como de resto para a bacia como um todo.

As profundidades dos níveis de água dos aquíferos são um bom indicativo do comportamento do fluxo de água entre o superficial e o subterrâneo, podendo indicar onde haverá maior probabilidade de haver perda de água do superficial para o subterrâneo (insurgência de água, conforme denominação adotada pela ANA) e vice-versa. Essas condições estão associadas ao substrato rochoso calcário onde há maiores condições de insurgência de água quando aflorante.

O mapeamento, então, permite, por um lado, verificar a situação quanto à ocorrência de surgências e insurgências e, por outro, servir como orientador para a localização de futuras estruturas hidráulicas ao longo da calha do rio Verde Grande, com vistas a minimizar problemas de perda de água para o subterrâneo.

Na figura a cor amarela representa as maiores profundidades do nível de água dos aquíferos, mostrando áreas com fluxo no sentido superficial para subterrâneo. Já a cor azul claro indica o contrário: nível de água do aquífero aflorante e fluxo no sentido subterrâneo para superficial.

Com base nestas condições é possível identificar a situação das soleiras vertentes existentes. No trecho entre a cidade de Jaíba e a confluência com o Gorutuba, o rio Verde Grande corre predominantemente sobre aluviões, com níveis de água aflorantes. Nessa situação, as soleiras vertentes não resultarão em reforço à perda de água do superficial para o subterrâneo. Já entre Verdelândia e Jaíba, onde existem diversas soleiras vertentes, observam-se níveis de água profundos nos aquíferos, indicando elevado potencial de perda de água para o subterrâneo, o que compromete o funcionamento hidráulico dessas estruturas e resulta em redução na disponibilidade superficial local de água.

Ainda, vale comentar que as águas subterrâneas e, dependendo da localização, as águas superficiais (abastecidas parcialmente pelos aquíferos), podem apresentar elevados índices de sais dissolvidos (notadamente de cálcio), podendo levar a problemas operacionais significativos nos equipamentos hidromecânicos, como a esclerose precoce em tubulações adutoras.

<p>Elaborado por:</p> 	<p>Nº da revisão: 02</p>	<p>Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P6_IOH_AvaliaçãoConjunta_REV02</p>	<p>154/155</p>
---	------------------------------	---	----------------

	<p>Tipo de Documento: Relatório Técnico</p> <p>P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO</p>	
<p>ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE</p>		

Como conclusões da presente análise, é possível verificar que o efeito das soleiras vertentes é bastante localizado, servindo basicamente para a melhora das condições de captação a montante dessas estruturas. Assim, não há efeito de regularização que contribui significativamente para a melhora da situação hídrica na bacia, objetivo do presente estudo contratado.

Tendo em vista o seu benefício localizado, as soleiras vertentes apresentam potencial elevado de aumentar as perdas de água para o subterrâneo (insurgências), dependendo da sua localização ao longo da calha do rio Verde Grande. Para a maior parte dessas estruturas, localizadas entre Verdelândia e Jaíba, essa condição é bastante desfavorável. A determinação volumétrica dessas perdas somente pode ser realizada através de investigações de campo, com medição direta e mesmo assim de difícil consolidação técnica.

Os problemas referidos a essas estruturas no PRH - Verde Grande e na Nota Técnica ANA nº 10/2018 de fato ocorrem e devem ser minimizados ou compensados através da adoção de medidas estruturais e operacionais específicas, a serem incorporadas aos projetos de engenharia, destacando-se a questão da localização como essencial.

A constatação da existência de soleiras vertentes não referidas na Nota Técnica e, portanto, não regularizadas pelos órgãos responsáveis pela gestão dos recursos hídricos e ambiental é preocupante, pois mostra a implantação disseminada e desordenada.

Deve-se avaliar com cuidado especial a implantação não controlada dessas estruturas, que afetam a capacidade de gestão das águas na bacia, por alterar as condições de fluxo do rio Verde Grande, afetando as seções de controle propostas no Marco Regulatório, bem como podem resultar na perda de água da porção superficial para a subterrânea.

Por sua vez, a implantação dessas estruturas deveria ser regularizada, mediante análise técnica prévia das entidades responsáveis pela gestão dos recursos hídricos e ambientais, atentando, tanto para as suas localizações (evitando incrementar a infiltração subterrânea e influenciar na operação das seções de controle), quanto para as suas condições operacionais (dotar as soleiras de estruturas e equipamentos que permitam realizar descargas programadas para jusante, minimizando os riscos de eutrofização das águas, e não impedindo a piracema).

<p>Elaborado por:</p> 	<p>Nº da revisão: 02</p>	<p>Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P6_IOH_AvaliaçãoConjunta_REV02</p>	<p>155/155</p>
---	------------------------------	---	----------------

	<p>Tipo de Documento: Relatório Técnico</p> <p>P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO</p>	
<p>ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE</p>		

10 APRESENTAÇÃO DO P6 PARA A CÂMARA TÉCNICA DO CBH-VERDE GRANDE

No dia 25 de novembro de 2020, às 10h e 25 min., a PROFILL apresentou para a Câmara Técnica do Comitê Verde Grande (CTC) os resultados obtidos após consolidação do Produto 6 - Avaliação conjunta das soluções abordadas e definição de cronograma para implementação, produto previsto no âmbito dos Estudos de Incremento da Oferta Hídrica na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande. A apresentação iniciou com o engenheiro Sidnei contextualizando a situação do contrato e as atividades realizadas pela equipe técnica até o momento. Na sequência, o eng. Henrique apresentou as atividades desenvolvidas no âmbito do Produto 6.

Em seguida, Sidnei mostrou os resultados da simulação do balanço hídrico considerando o cenário atual da bacia, bem como a projeção desse balanço, primeiramente, sem as intervenções analisadas nesse estudo (barramentos e transposições), onde apareceram bastante trechos de rios em situação de estresse hídrico. Posteriormente, Sidnei mostrou os resultados da simulação do balanço hídrico após a implementação das obras de incremento hídrico na bacia, mostrando o aumento da quantidade de água disponível na bacia.

Mostrado os benefícios da implantação dos barramentos e das transposições com relação ao incremento hídrico, Henrique apresentou os cronogramas de implementação e os custos inerentes aos estudos necessários para operação dos empreendimentos, bem como das obras. Segundo Henrique, o CBH- Verde Grande deverá se mobilizar para a busca de recursos financeiros para atendimento dos cronogramas propostos.

Em seguida Henrique apresentou os resultados dos estudos, desenvolvidos pelo hidrogeólogo da equipe, sobre as Soleiras Vertentes existentes na Bacia. Como resultado, constatou-se que a quantidade de estruturas identificadas ao longo da calha do rio Verde Grande e a ocorrência de diversas dessas estruturas em locais onde há perda de água por infiltração para o substrato cárstico, agrava ainda mais o quadro inicialmente apontado nos estudos desenvolvidos pela ANA.

Por fim, Sidnei apresentou as conclusões e recomendações, considerando os resultados obtidos nesse estudo, a saber:

- Iniciar **estudos técnicos mais específicos** para as intervenções prioritárias (barramento de Água Limpa e transposições Jaíba e Congonhas-Juramento);

<p>Elaborado por:</p> 	<p>Nº da revisão: 02</p>	<p>Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P6_IOH_AvaliaçãoConjunta_REV02</p>	<p>156/155</p>
---	------------------------------	---	----------------

- Desenvolver **estudos complementares** relativamente aos locais inventariados selecionados (estudos de viabilidade);
- Dar **continuidade aos estudos técnicos relativos às Soleiras Vertentes**, ampliando o conhecimento técnico com vistas a uma melhor gestão das águas da calha do Verde Grande; e
- Manter as ações destinadas a **melhorar a gestão das águas** na bacia do Verde Grande, seguindo a cronologia de implementação das intervenções resultante do presente estudo de Incremento da Oferta Hídrica.

Terminada a apresentação da equipe técnica da PROFILL, foi aberto espaço para perguntas, sendo realizada as seguintes considerações pelos participantes:

- Dirceu, presidente do CBH: questionou sobre a fonte utilizada no estudo das soleiras vertentes. Henrique informou que o estudo foi desenvolvido pelo Hidrogeólogo da equipe (Osmar) em conjunto aos estudos desenvolvidos pela CPRM.
- Flávio Gonçalves: com relação ao cronograma, sugeriu adiantar 6 meses as obras dos barramentos apresentados inicialmente e em um ano a barragem de Suçuapara.
- Flávio Gonçalves: sobre as soleiras vertentes, ele alertou para evitar a destruição das barragens já existentes, pois elas suprem a necessidade atual da região.
- João Damásio: perguntou quando será realizada a apresentação para a Plenária. Foi sugerido um tempo maior para apresentação do Produto 6 para a Plenária e que fosse verificada a possibilidade de realizar a apresentação presencialmente. Jacqueline, fiscal do contrato (Agência Peixe Vivo) concordou em expandir esse evento para todos os interessados, mas, por questões de segurança, o evento deve permanecer sendo realizado através de videoconferência. Sidnei informou que a PROFILL ficará à disposição para realização de evento adicional, de maneira remota, à Plenária, caso seja necessário.

11 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os objetivos relativos às Atividades A8 – Avaliação Conjunta das Soluções Abordadas e A9 – Definição de Cronogramas para Implantação das Obras, que integram o escopo deste relatório, foram plenamente alcançados, conforme demonstrado nos capítulos anteriores.

A Avaliação Conjunta das Soluções Abordadas (Atividade A8) possibilitou a definição de proposta para o melhor arranjo possível dentre as alternativas estudadas, considerando aspectos relacionados aos respectivos desempenhos comparativos entre as diversas intervenções estudadas. Considerou aspectos de viabilidade técnica, econômico-financeira e de interferência socioambiental de cada alternativa. Assim, atendeu às indicações dos Termos de Referência, em consonância com o próprio Plano de Trabalho.

A participação de parcela social estratégica da bacia do Verde Grande, neste processo, foi essencial. Através de duas Oficinas de trabalho, realizadas de forma virtual em razão do período excepcional (pandemia de Covid-19), houve participação direta dos atores estratégicos da bacia, construindo os ponderadores que, aplicados aos indicadores de desempenho, possibilitaram selecionar e hierarquizar (ou priorizar) as diversas intervenções estudadas (barramentos proposta no PRH Verde Grande, transposições de bacias e inventário de novos locais de barramento).

Em que pese as restrições impostas pela pandemia, o número de participantes dos eventos virtuais foi plenamente satisfatório, indicando por um lado o elevado nível de conscientização dos atores estratégicos frente aos problemas hídricos da bacia do Verde Grande e, por outro, mostrando a potencialidade das ferramentas digitais no processo de participação social.

Como consequência desses procedimentos metodológicos, foi possível então, definir cronogramas para implantação das intervenções selecionadas, atendendo à priorização estabelecida, objetivo da Atividade A9. Tais cronogramas, além de apresentar as datas de início e fim de implantação das obras selecionadas e priorizadas, apresentam também os custos estimados, em termos cronológicos.

Duas questões técnicas de caráter complementar às Atividades descritas merecem atenção pelas suas respectivas importâncias no contexto técnico do estudo: a análise de sensibilidade realizada com base em séries de vazões afluentes em determinados

	<p>Tipo de Documento: Relatório Técnico</p> <p>P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO</p>	
<p>ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE</p>		

reservatórios decorrente do uso de dados oriundos do Marco Regulatório e os Balanços Hídricos realizados para diversos cenários de implantação das intervenções.

No primeiro caso, a análise de sensibilidade mostrou que mesmo ao se considerar afluências hídricas mais restritas não houve queda de desempenho dos reservatórios em magnitude suficiente para alterar os resultados da análise conjunta. No segundo caso, os Balanços Hídricos demonstraram de que forma a implantação das intervenções melhorará a circulação hídrica pela bacia, reduzindo situações de estresse hídrico localizados.

Por fim, foi realizada análise técnica preliminar sobre as Soleiras Vertentes, assunto importante no atual contexto da gestão das águas na bacia do Verde Grande. Nesse sentido, a quantidade de estruturas identificadas ao longo da calha do Verde Grande e a ocorrência de diversas dessas estruturas em locais onde há perda de água por infiltração para o substrato cárstico, agrava ainda mais o quadro inicialmente apontado nos estudos desenvolvidos pela ANA.

Em termos de considerações finais, são apresentadas as seguintes recomendações:

- Iniciar estudos técnicos mais específicos para as intervenções prioritárias (barramento de Água Limpa e transposições Jaíba e Congonhas-Juramento);
- Desenvolver estudos complementares relativamente aos locais inventariados selecionados (estudos de viabilidade);
- Dar continuidade aos estudos técnicos relativos às Soleiras Vertentes, ampliando o conhecimento técnico com vistas a uma melhor gestão das águas da calha do Verde Grande; e
- Manter as ações destinadas a melhorar a gestão das águas na bacia do Verde Grande, seguindo a cronologia de implementação das intervenções resultantes do presente estudo de Incremento da Oferta Hídrica.

<p>Elaborado por:</p> 	<p>Nº da revisão: 02</p>	<p>Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P6_IOH_AvaliaçãoConjunta_REV02</p>	<p>159/155</p>
---	------------------------------	---	----------------

	<p>Tipo de Documento: Relatório Técnico</p> <p>P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO</p>	
<p>ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE</p>		

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA PEIXE VIVO, Agência Peixe Vivo. **Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande**. Disponível em: <<http://agenciapeixe vivo.org.br/>>. Acesso em: Ago. 2019.

ANA, Agência Nacional de Águas. Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande. Brasília: ANA, 124 p. 2013.

ANA, Agência Nacional de Águas. **Reservatórios do Semiárido Brasileiro: Hidrologia, Balanço Hídrico e Operação**. Relatório Síntese. Brasília: ANA, 88 p. 2017.

ANA, Agência Nacional de Águas. **Nota Técnica nº 10/2018**: Subsídios ao CNRH para definição dos valores a serem cobrados pelo uso de recursos hídricos de domínio da União na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. Deliberação CEIVAP nº 259/2018. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/todos-os-documentos-do-portal/documentos-sas/arquivos-cobranca/nota-tecnica-no-10-2018-cscob-sas.pdf/view>>. Acesso em: dez. 2019

ANA, Agência Nacional de Águas. **Nota Técnica nº 36/2018: Correção à Resolução Conjunta ANA/SEMAD-MG/IGAM-MG nº 52, de 26 de julho de 2018 (documento nº 00000.046594/2018-32) - Marco Regulatório estabelecendo novas condições de uso dos recursos hídricos no sistema hídrico rio Verde Grande, Estado de Minas Gerais**. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/regulacao/resolucoes-e-normativos/regras-especiais-de-uso-da-agua/marcos-regulatorios/nt_36_2017_comar_sre-1.pdf>. Acesso em: dez. 2019

ANA, Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2019: informe anual**. Brasília: ANA, 2019.

CBH Verde Grande, Comitê da Bacia Hidrográfica Verde Grande. **O Comitê**. Disponível em: <<http://www.verdegrande.cbh.gov.br/Default.aspx>>. Acesso em: Ago. 2019.

KAYSER, R. H. B.; COLLISCHONN, W. Integrando Sistema de Suporte à Decisão Genérico para Gerenciamento de Recursos Hídricos a um Sig de Código Aberto. In: **XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. 2013, Bento Gonçalves. Anais do XX SBSR. Porto Alegre: ABRH, 2013.

Pompermayer, Raquel de Souza; Júnior, Durval Rodrigues de Paula; Netto, Oscar de Moraes Cordeiro. Análise Multicritério como Instrumento de Gestão de Recursos Hídricos: O Caso das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. In: **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Volume 12 n.3 Jul/Set 2007, 117-127,

PROFILL. **Análise Ambiental Estratégica (AAE) das Alternativas de implantação de Infraestruturas hídricas (barragens) na Bacia do Rio dos Sinos, para atendimento de usos múltiplos da água**. Relatório Final. SIUMA/RS. Porto Alegre. 2010.

SAATY, Thomas L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. In: **Journal of mathematical psychology**. v. 15, n. 3, p. 234-281, 1977.

SAATY, Thomas L. **Método de análise hierárquica**. São Paulo: Makron Books. 1991.

<p>Elaborado por:</p> 	<p>Nº da revisão: 02</p>	<p>Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P6_IOH_AvaliaçãoConjunta_REV02</p>	<p>160/155</p>
---	------------------------------	---	----------------

	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

APÊNDICES

A seguir são apresentados os seguintes Apêndices:

- Apêndice 1: Material da 1ª Oficina de Trabalho;
- Apêndice 2: Material da 2ª Oficina de Trabalho;
- Apêndice 3: Análise Geológico-Geotécnica Expedida dos Barramentos de Água Limpa e Suçuapara;
- Apêndice 4: Resultados das Simulações dos Reservatórios Água Limpa e Suçuapara;
- Apêndice 5: Estudo de Disponibilidade Hídrica, com aplicação do Modelo Chuva-Vazão MGB; e
- Apêndice 6: Sistema de Suporte à Decisão WARM-GIS Tools.

Elaborado por: 	Nº da revisão: 02	Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P6_IOH_AvaliaçãoConjunta_REV02	161/155
---	----------------------	---	---------

	<p>Tipo de Documento: Relatório Técnico</p> <p>P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO</p>	
<p>ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE</p>		

Apêndice 1: Material da 1ª Oficina de Trabalho

<p>Elaborado por:</p> 	<p>Nº da revisão: 02</p>	<p>Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P6_IOH_AvaliaçãoConjunta_REV02</p>
---	------------------------------	---

CONVITE

A Agência Nacional de Águas e o Comitê da Bacia Hidrográfica do Verde Grande convidam para a

1ª OFICINA DO ESTUDO DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA DO RIO VERDE GRANDE

para apresentação dos resultados parciais e participação na dinâmica a ser realizada, visando à hierarquização das alternativas estudadas. Contamos com sua participação para juntos definirmos as melhores alternativas para incremento hídrico na bacia!

Grupo A

Dia 08/06/2020
Das 14h00 às 17h00

Grupo B

Dia 09/06/2020
Das 08h30 às 11h30

Grupo C

Dia 10/06/2020
Das 08h30 às 11h30

As reuniões serão realizadas através do Google Meet. Assim que definido o grupo em que você irá participar, encaminharemos um link para você acessar a reunião.

Mais informações: Whatsapp: 51-9977-58415 ou profill@profill.com.br

Execução



Apoio Técnico



Realização



MINISTÉRIO DO
DESENVOLVIMENTO REGIONAL



INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



1ª Oficina:
Definição de Ponderadores para
Priorização/Hierarquização das Intervenções

Google Meet (ambiente virtual): Grupo A - 08/06/20, Grupo B - 09/06/20 e Grupo C - 10/06/20

Foto: ANA (2019)

1

Estrutura da Oficina

Bloco	Tempo
1º Bloco: Apresentação e Contextualização	20 min
2º Bloco: Resultados Parciais Alcançados	40 min
3º Bloco: Metodologia para Hierarquização das Intervenções Estudadas e Aplicação de Dinâmica para Determinação dos Ponderadores	80 min
4º Bloco: Visualização e Debate sobre os Resultados	40 min

- ✓ Grupo A: dia 08/06/20 (segunda-feira) – das 14 às 17h
- ✓ Grupo B: dia 09/06/20 (terça-feira) – das 8:30 às 11:30h
- ✓ Grupo C: dia 10/06/20 (quarta-feira) – das 8:30 às 11:30h

2

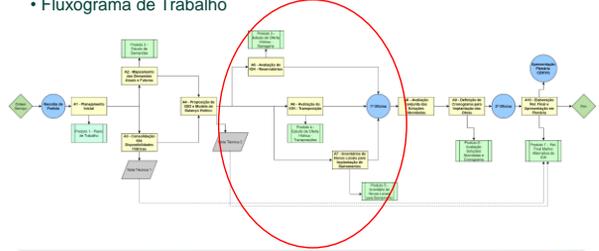
1º Bloco: Contextualização do Trabalho

- Contrato:
 - Ato Convocatório nº: 003/2019 – Contrato de Gestão ANA nº: 083/ANA/2017
 - Contrato de Prestação de Serviços nº: 004/2019
- Objetivos do Estudo:
 - Análise e proposta de melhor alternativa de Incremento da Oferta Hídrica na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, considerando ações de regularização e transposição de vazões entre bacias, apresentadas em seu Plano de Recursos Hídricos (PRH-VERDE GRANDE)
- Prazos:
 - 8 meses - Ordem de Serviço:12/08/2019
 - Término dos Trabalhos: 12/04/2020
 - Término do Contrato: 12/06/2020 (solicitação de 6 meses de aditamento)

3

1º Bloco: Contextualização do Trabalho

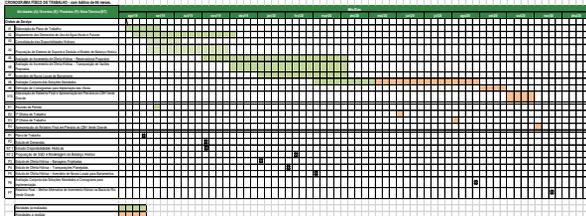
• Fluxograma de Trabalho



4

1º Bloco: Contextualização do Trabalho

• Cronograma de Trabalho:



5

1º Bloco: Contextualização do Trabalho

• Objetivo da 1ª Oficina:

Realizar dinâmica com os **atores estratégicos** nas questões relativas ao uso, planejamento e gestão das águas da Bacia do Verde Grande, com o objetivo de **definir ponderadores para os indicadores de desempenho** determinados para as intervenções estudadas com vistas ao incremento da oferta hídrica.

Esses ponderadores destinam-se a auxiliar na **priorização/hierarquização das intervenções** estudadas (barramentos e transposição de vazões).

6

2º Bloco: Resultados Alcançados

• Resultados alcançados até o momento sobre a Avaliação da Incremento da Oferta Hídrica:

- Reservatórios Propostos no PRH Verde Grande – Atividade A5.
- Transposição de Vazões Planejadas – Atividade A6.
- Inventário de Novos Locais de Barramentos – Atividade A7.



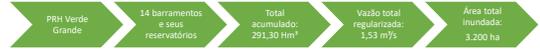
INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



7

2º Bloco: Resultados Alcançados

• PRH Verde Grande: Reservatórios Propostos



Atividade A5: Reservatórios - Avaliação do efetivo incremento hídrico resultante de cada barramento proposto:

- Análise e consolidação das **características e condições locais**, **topográficas e hidrologia**;
- Determinação das **capacidades de regularização** dos reservatórios;
- Determinação das **características físicas** dos barramentos;
- Definição dos **custos** necessários às suas implantações;
- Definição de **indicadores de desempenho** com vistas à priorização/hierarquização.

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



8

2º Bloco: Resultados Alcançados

• **Atividade A5: Consolidação das Características e Condições Locacionais, Topográficas e Hidrológicas**

- 1) Geração de base cartográfica através da modelagem digital do terreno
- 2) Identificação de inconsistências locacionais em alguns casos
- 3) Determinação dos principais parâmetros necessários à simulação da operação:
 - vazões afluentes aos reservatórios/alternativas metodológicas (Atividade A3) e
 - série de precipitações e evaporações médias mensais - série dos últimos 30 anos (1989-2018).



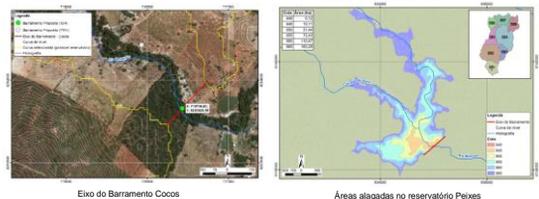
INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



10

2º Bloco: Resultados Alcançados

• **Atividade A5: Consolidação das Características e Condições Locacionais, Topográficas e Hidrológicas dos reservatórios**



INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



11

2º Bloco: Resultados Alcançados

• **Atividade A5: Consolidação das Características e Condições Locacionais, Topográficas e Hidrológicas dos reservatórios**



INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



12

2º Bloco: Resultados Alcançados

• **Atividade A5: Determinação das Capacidades de Regularização dos Reservatórios**

- 1) **Simulações operacionais dos reservatórios**
 - balanços hídricos mensais (afluências hídricas X demandas de água/vazões regularizadas)
- 2) **Contabilização de falhas mensais no atendimento das demandas** (ou das vazões regularizadas almejadas)
 - Indicando o grau de garantia
- 3) **Para cada reservatório foram simuladas situações buscando-se obter as vazões regularizadas para garantias no tempo de 85%, 90% e 95%**
 - ↳ adotada para o dimensionamento dos reservatórios

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



13

2º Bloco: Resultados Alcançados

- Atividade A5: Determinação das Capacidades de Regularização dos Reservatórios

Estudo atual:

- Incremento hídrico total: 2.893 m³/s
- VOLUME total acumulado: 222 Hm³
- Área total alagada: 2.870 ha

PRH Verde Grande:

- Incremento hídrico total: 1.530 m³/s
- VOLUME total acumulado: 291 Hm³
- Área total alagada: 3.200 ha

Reservatório	Capacidade (m³)	Volume Acumulado (m³)	Área Alagada (ha)
Peixe	10.000.000	120	20
Silo	8.000.000	105	17
Peixe	6.000.000	80	13
Peixe	4.000.000	60	10
Juramento	2.000.000	30	5
Jaíba	1.000.000	15	2
Estreito IV	500.000	7	1
Canalão	400.000	5	1
Taboão	300.000	4	0,7
Itapicacioba	200.000	3	0,5
Itaipuaçu	150.000	2	0,3
Itaipuaçu	100.000	1	0,2
Silo Novo	50.000	0,5	0,05
Montanhas	30.000	0,3	0,03
São Domingos	20.000	0,2	0,02
Total	222.000.000	291	3.200

Barragem	VOLUME ACUM. (m³)	ÁREA ALAG. (ha)	ÁREA PRH (ha)	INCR. HÍDRICO (m³/s)	INCR. HÍDRICO (m³/s)
Peixe	10.000.000	120	20	861	1.102,64
Silo	8.000.000	105	17	702	1.029,80
Peixe	6.000.000	80	13	615	1.179,10
Peixe	4.000.000	60	10	414	654,00
Juramento	2.000.000	30	5	208	345,84
Jaíba	1.000.000	15	2	104	159,00
Estreito IV	500.000	7	1	52	79,50
Canalão	400.000	5	1	42	63,00
Taboão	300.000	4	0,7	31	46,50
Itapicacioba	200.000	3	0,5	20	31,00
Itaipuaçu	150.000	2	0,3	15	23,25
Itaipuaçu	100.000	1	0,2	10	15,50
Silo Novo	50.000	0,5	0,05	4	6,75
Montanhas	30.000	0,3	0,03	3	4,50
São Domingos	20.000	0,2	0,02	2	3,00
Total	29.000.000	359	50	2.893	4.566,09

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



2º Bloco: Resultados Alcançados

- Atividade A5: Determinação das Principais Características Físicas dos Maçicos dos Barramentos



INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



2º Bloco: Resultados Alcançados

- Atividade A5: Custos Associados à Implantação dos Barramentos

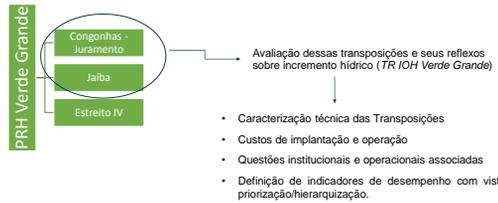
Barragem	Constituição (R\$)	Projeto, Estudos e Licenç. Ambiental (R\$)	Custos			TOTAL (R\$)
			Desagregações (R\$)	Comentários Ambientais (R\$)	Operação & Manut. (R\$)	
Peixe	51.292.536,48	790.000,00	1.538.776,00	8.596.628,11	67.317.940,59	
Silo	61.698.053,40	6.169.805,34	870.000,00	1.850.941,00	80.529.204,09	
Peixe	14.321.234,04	1.432.123,04	990.000,00	429.607,04	19.273.264,07	
Peixe	22.864.681,04	2.286.468,10	360.000,00	686.940,43	30.629.219,13	
Verde	72.678.388,00	7.267.838,00	2.040.000,00	2.180.351,58	12.180.897,48	
Canalão	14.297.169,88	1.429.716,98	720.000,00	428.019,00	2.386.205,86	
Canalão	47.170.927,28	4.717.092,72	340.000,00	1.415.115,54	7.905.795,37	
Taboão	41.215.020,76	4.121.502,08	258.000,00	1.236.460,82	6.907.837,48	
Itapicacioba	40.946.125,02	4.094.612,52	234.000,00	1.228.383,77	8.862.570,84	
Itaipuaçu	42.020.088,16	4.202.008,16	510.000,00	1.240.002,44	7.203.718,36	
Itaipuaçu	11.063.130,72	1.106.313,07	1.300.000,00	331.893,92	1.854.140,71	
Silo Novo	78.832.733,32	7.883.273,33	3.840.000,00	2.364.062,00	13.212.366,10	
Montanhas	25.817.732,32	2.581.773,23	1.300.000,00	788.532,07	4.263.536,29	
São Domingos	140.792.160,00	14.079.216,00	3.708.000,00	4.223.764,84	21.508.768,00	
Total	664.792.991,60	66.479.259,16	17.228.000,00	19.943.777,70	679.360.866,86	

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



2º Bloco: Resultados Alcançados

- Atividade A6: Transposição de Vazões Planejadas



INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



2º Bloco: Resultados Alcançados

- Atividade A6: Transposição de Vazões Planejadas – Congonhas-Juramento

Fonte das informações:

- Projeto executivo da barragem
- Documentação para obtenção de outorga
- CERTOH
- Relato de técnicos do DNOCs (responsável pelo empreendimento)

- Tratam-se de duas grandes intervenções:
 - implantação do barramento e criação do reservatório
 - implantação e operação do sistema adutor responsável pela transposição de vazões

Situação atual:

- Barragem tem seu projeto executivo concluído
- Sistema adutor da transposição está em estágio de estudos, com alternativas estruturais em análise
- Abastecimento de Montes Claros e região.

- Atividade A6: Transposição de Vazões Planejadas – Congonhas-Juramento

Barragem Congonhas:

- Vale de contribuição: 577 km²
- Volume acumulado no reservatório: 574,5 Hm³
- Área alagada: 3.560 ha
- Vazão regularizada (99%): 6,00 m³/s



Obs.: A vazão regularizada considerada no Projeto é de 2,9 m³/s, sendo 2,00 m³/s destinados à Transposição.

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



2º Bloco: Resultados Alcançados

Atividade A6: Transposição de Vazões Planejadas – Congonhas-Juramento

Transposição Congonhas-Juramento:

Parâmetro	Unidade	Comprovação
NH (at)	m	1.000
NH (med. (at))	m	285
NH (med. (at))	m	285
Planta total	m	5,2
Alzura (Mecanística)	m	105,2
Congonhas-Montesclara	m	3,2-3
Vazão (Linha)	m³/s	0,5
Perda (Módul)	m	100
Consumo Mensal de Energia (Módul)	MWh	1.200,7

- Vazão: 2,5 m³/s
- Unidades de bombeamento: 6
- Horas de operação: 20 h/dia
- Demanda atendida: 2,0 m³/s

Após bombeamento, as vazões são conduzidas por gravidade, em canal revestido, por **9,4 km**, até um reservatório intermediário, que alimentará um túnel de adução, com **5,7 km** de extensão, que desaguará no reservatório de Saracura, afluente do rio Juramento. (atualmente o DNOCS estuda outras possibilidades).

Obs.: Os estudos disponibilizados não consideram a configuração original do reservatório (efetivamente houve uma redução de 9 metros no NA do reservatório).

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



20

2º Bloco: Resultados Alcançados

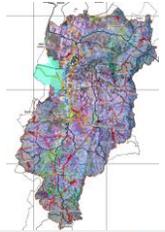
Atividade A6: Transposição de Vazões Planejadas – Jaíba

Fonte das informações:

- PRH Verde Grande
- Projeto de Engenharia do Projeto Jaíba
- Relato de técnicos do DIJ/DIJ2

Premissa básica:

- Disponibilidade potencial de água no sistema adutor (canal CP-3) considerando a diferença entre a demanda específica da época do projeto original (década de 80), que era de 1,24 L/s/ha, e a realidade atual
- Demandas específicas atuais: 0,84 L/s/ha (Projeto Iuíú, 2018)
- Disponibilidade potencial (diferença) no canal CP-3: 5,1 m³/s



INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE

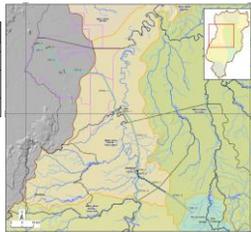


21

2º Bloco: Resultados Alcançados

Atividade A6: Transposição de Vazões Planejadas – Jaíba

Trecho	Núcleo	Final	Nome	Dimensão	Tipo	Volume Aduzido (m³/m²)	Vazão (m³/s)
1	CP-3	Jaíba	CPG-1	21 km	Canal	4,50	1,00
2	Veredibela	Veredibela	EPG-1	20,1 km	Est. Bomb.	3,00	1,00
			CPG-2	27,9 km	Canal	3,00	
3	Veredibela	Jaíba	EPG-2.1	20,1 km	Est. Bomb.	0,00	0,00
			Adutora	17,9 km	Adutora	0,00	
			CPG-3	12,4 km	Canal	0,50	
4	Veredibela	Por rio Queen-Queen	EPG-2.2	20,1 km	Est. Bomb.	1,00	1,00
			CPG-4	31,2 km	Canal	1,00	



Resumo:

- 4 canais com extensão total de 82 km
- 2 estações de bombeamento: 1.400 CV + 3.150 CV
- 1 tubulação em aço DN800, com extensão de 12,6 km

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



22

2º Bloco: Resultados Alcançados

Atividade A6: Transposição de Vazões Planejadas

Determinação dos Custos Associados (ref. Outubro/2019)

Transposição	Custos Implantação (R\$)	Custo Anual Energia (R\$)	Custo m³ aduzido (R\$/m³)	Fonte
Congonhas-Juramento				
Barragem	243.761.043,00			Projeto Executivo
Sistema Adutor	99.502.741,00	12.302.372,00	0,194	Estudo Outorga
Jaíba				
Sistema Adutor	337.437.342,39	9.832.457,15	0,197	Estudo atual

- Custo m³ aduzido para 30 anos, taxa de desconto de 6% ao ano
- Considerado custos de O&M de 1% ao ano
- Custo do m³ com base no custo de implantação da Barragem Congonhas: R\$ 0,10/m³
- Tarifa de água Projeto Jaíba: R\$ 0,05/m³.

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



23

2º Bloco: Resultados Alcançados

Atividade A6: Transposição de Vazões Planejadas – Questões Institucionais e Operacionais Associadas

Transposição Congonhas-Juramento:

- Envolve diretamente DNOCS e COPASA;
- Nível de estudos:** Projeto executivo da barragem existente, mas há dúvidas quanto à concepção e anteprojeto do sistema de adução (transposição).
- Benefício principal:** abastecimento de água (uso prioritário) de Montes Claros e região do Alto Verde Grande.

Transposição Jaíba:

- Envolve diretamente DIJ/DIJ2, Codevasf e SEAPA/MG;
- O ponto de captação da transposição existe, porém as condições operacionais ainda não permitem a captação de água nas condições propostas.
- Nível de estudos:** estudo conceitual e anteprojeto.
- Benefício principal:** usos múltiplos (destaque para irrigação). Tem capacidade de melhorar as condições ao longo da calha do Verde Grande (Marco Regulatório).

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



24

2º Bloco: Resultados Alcançados

Atividade A7: Inventário de Novos Locais de Barramento

- Na Atividade 5 não foram contemplados dois grandes compartimentos da bacia:

- margem esquerda do **Médio Verde Grande**
- margem direita do **Médio-Baixo Gorutuba**

Atividade A7: realização de inventário de locais de barramento nesses dois compartimentos

- Pesquisados novos locais de barramento
- Dimensionamento de barramentos (e respectivos reservatórios) e determinação das vazões regularizadas
- Determinação dos custos associados aos empreendimentos
- Definição de indicadores de desempenho com vistas à seleção dos barramentos inventariados com efetivas condições de viabilidade



INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



25

2º Bloco: Resultados Alcançados

Atividade A7: Inventário de Novos Locais de Barramento

1. Realização de pesquisa de possíveis locais de barramento nos compartimentos alvo (utilizando a cartografia gerada para a bacia)
2. Seleção dos cursos de água com bacia de contribuição superior a 50 km²
3. Pesquisa sobre a existência de condições topográficas favoráveis (ombreiras e reservação).
4. Condições a montante do eixo barrável (não deveria abranger comunidades, rodovias, áreas produtivas ou significativamente vegetadas) para evitar custos sociais e ambientais significativos
5. A altura do barramento/reservatório foi estabelecida entre 10 e 30 m
6. Determinação das capacidades de acumulação



INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



26

2º Bloco: Resultados Alcançados

Atividade A7: Inventário de Novos Locais de Barramento

Compartimento	Código	Cursos de Água	Área Capt. (km ²)
Margem Esquerda - Serra Verde - Urubici	MEV001	Rio Barrocas	86,1
	MEV002	Rio Barrocas	296,4
	MEV003	Córrego Verde	209,3
	MEV004	Rio Arapaim	305,0
	MEV005	Córrego São Vicente	129,7
	MEV006	Córrego Mourões	371,3
Total			1.408,8
Margem Direita - Rio São Branco - Gurutuba	MD001	Rio São Branco	503,9
	MD002	Córrego Fardas Bug	117,9
	MD003	Rio Capim	21,1
	MD004	Córrego Boqueirão do Encantado	201,0
	MD005	Córrego Corral	66,4
	MD006	Reato Zumbado (monte Jaci)	72,3
Total			1.089,6
TOTAL GERAL			2.498,4



INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



27

2º Bloco: Resultados Alcançados

Atividade A7: Inventário de Novos Locais de Barramento

- Para os locais selecionados foram simulados os comportamentos hidráulicos dos reservatórios de forma similar à adotada para os reservatórios propostos do PRH, mas com algumas simplificações:
 - Adotada série de vazões afluentes do reservatório mais próximo;
 - Precipitações e evaporações também relativas ao reservatório mais próximo;
 - As curvas de acumulação foram utilizadas as específicas determinadas caso a caso.
- Resultado:** foi determinada a vazão regularizada para 95% de garantia e descontada a vazão natural com 95% de permanência, obtendo-se a denominada **vazão incremental com 95%**

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



28

2º Bloco: Resultados Alcançados

Atividade A7: Inventário de Novos Locais de Barramento

- Vazão incremental em cada compartimento é bastante similar: **1,22 e 1,24 m³/s**
- Vazão incremental total dos 13 locais inventariados: **2,46 m³/s**
- Volumes totais acumulados: os dois compartimentos totalizam cerca de **140 hm³**.
- Áreas alagadas:
 - margem direita do Médio-Baixo Gurutuba: **3.050 ha**
 - margem esquerda do Médio Verde Grande: **2.055 ha**

Compartimento	Código	Cursos de Água	Área (km ²)	Q ₁₀ (m ³ /s)	Q ₉₅ (m ³ /s)	Q _{inc} (m ³ /s)	V ₁₀ (hm ³)	V ₉₅ (hm ³)	Área Alagada (ha)	Preço (R\$)
Margem Esquerda - Serra Verde - Urubici	MEV001	Rio Barrocas	0,026	0,111	0,075	0,036	288	288	1.100,000	308
	MEV002	Rio Barrocas	0,096	0,391	0,147	0,244	100	100	1.100,000	110
	MEV003	Córrego Verde	0,040	0,167	0,117	0,050	400	400	1.700,000	680
	MEV004	Rio Arapaim	0,171	0,658	0,326	0,332	400	400	1.400,000	560
	MEV005	Córrego São Vicente	0,077	0,195	0,139	0,056	270	270	1.400,000	378
	MEV006	Córrego Mourões	0,171	0,658	0,326	0,332	400	400	1.400,000	560
Total				1,222	0,673	2,895	20,000	20,000		2,895
Margem Direita - Rio São Branco - Gurutuba	MD001	Rio São Branco	0,440	1,070	0,528	0,542	400	400	1.100,000	440
	MD002	Córrego Fardas Bug	0,088	0,117	0,108	0,050	100	100	1.100,000	110
	MD003	Rio Capim	0,008	0,017	0,016	0,008	100	100	1.100,000	110
	MD004	Córrego Boqueirão do Encantado	0,088	0,326	0,209	0,147	400	400	1.100,000	440
	MD005	Córrego Corral	0,029	0,094	0,075	0,038	170	170	1.100,000	187
	MD006	Reato Zumbado (monte Jaci)	0,008	0,017	0,017	0,008	40	40	1.100,000	44
Total				1,246	0,673	2,895	20,000	20,000		2,895

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



29

2º Bloco: Resultados Alcançados

Atividade A7: Inventário de Novos Locais de Barramento

Os volumes dos maciços e os custos associados aos barramentos foram determinados de forma similar que a utilizada na Atividade A5.

Compartimento	Código	Cursos de Água	Capacidade de Acumulação (hm ³)			Área Alagada (ha)	Código
			Reservatório	Maciço	Reservatório + Maciço		
Margem Esquerda - Serra Verde - Urubici	MEV001	Rio Barrocas	0,000 760,30	0,000 076,11	0,000 836,41	1,000 000,00	MEV001
	MEV002	Rio Barrocas	0,000 276,38	0,000 117,89	0,000 394,27	1,100 000,00	MEV002
	MEV003	Córrego Verde	0,000 463,29	0,000 146,14	0,000 609,43	1,700 000,00	MEV003
	MEV004	Rio Arapaim	0,000 219,54	0,000 201,96	0,000 421,50	1,400 000,00	MEV004
	MEV005	Córrego São Vicente	0,000 177,29	0,000 270,39	0,000 447,68	1,400 000,00	MEV005
	MEV006	Córrego Mourões	0,000 208,28	0,000 153,89	0,000 362,17	1,400 000,00	MEV006
Total			470,292 846,44	42,226 245,14	512,519 091,58	14,100 000,00	
Margem Direita - Rio São Branco - Gurutuba	MD001	Rio São Branco	0,000 739,08	0,000 173,98	0,000 913,06	1,100 000,00	MD001
	MD002	Córrego Fardas Bug	0,000 279,08	0,000 208,08	0,000 487,16	1,100 000,00	MD002
	MD003	Rio Capim	0,000 289,48	0,000 856,48	0,000 1.145,96	1,100 000,00	MD003
	MD004	Córrego Boqueirão do Encantado	0,000 487,24	0,000 749,24	0,000 1.236,48	1,100 000,00	MD004
	MD005	Córrego Corral	0,000 153,28	0,000 169,52	0,000 322,80	1,100 000,00	MD005
	MD006	Reato Zumbado (monte Jaci)	0,000 47,50	0,000 107,50	0,000 155,00	1,100 000,00	MD006
Total			2.055 401,66	3.126 249,14	5.181 650,80	14,100 000,00	
TOTAL GERAL			675,694 458,10	334,475 359,28	1.010,169 810,38	28,200 000,00	

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



30

2º Bloco: Resultados Alcançados

Atividade A7: Inventário de Novos Locais de Barramento

Dos 13 barramentos inventariados, três barramentos se destacam:

- MEVG04 – Rio Arapaim: vazão incremental de **0,330 m³/s** } Margem Esquerda do Méd
- MDGB01 – Serra Branca: vazão incremental de **0,528 m³/s** }
- MDGB04 – Córrego Boqueirão do Encantado: vazão incremental de **0,255 m³/s** }



Em conjunto, esses três novos barramentos na bacia possibilitam incrementar uma ve

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



31

3º Bloco: Metodologia e Dinâmica para Hierarquização

• Priorização/Hierarquização das intervenções estudadas através de indicadores de desempenho e ponderadores

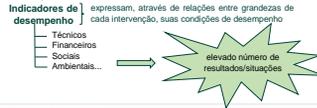
- Necessidade de priorização face às **diversas e variadas** intervenções estudadas
- Utilização de **indicadores de desempenho** para cada intervenção (**elementos objetivos**)
- Adoção de **ponderadores** para os indicadores como forma de valorar importâncias relativas (**elementos subjetivos**)

3º Bloco: Metodologia para Hierarquização

O presente estudo abrange **diversas intervenções** na Bacia do Verde Grande



Para ser possível estabelecer um ordenamento entre as intervenções estudadas é necessário lançar mão de **ferramentas específicas** que retratem de forma uniforme situações diversas.



3º Bloco: Metodologia para Hierarquização

QUESTÃO:

Como entender a situação global ou geral de determinada intervenção relativamente às demais, se os indicadores podem apontar situações divergentes?

Agregando os indicadores, procurando obter uma **situação global única** para cada intervenção, através da simples soma (ou média) dos resultados das situações relativas a cada indicador. **Exemplo: avaliação e notas do sistema escolar.**

No entanto, nem todos os indicadores considerados podem ter a mesma importância ou peso.

Para possibilitar essa valoração relativa entre indicadores optou-se por adotar **ponderadores**, ou seja, **pesos que refletem a importância relativa de cada indicador no âmbito global** (média ponderada).

3º Bloco: Metodologia para Hierarquização

Ponderadores → juízos de valor atribuídos de **forma subjetiva** e que devem incorporar as percepções locais sobre as "importâncias relativas" entre os indicadores ou mesmo entre as naturezas desses indicadores. → Atribuir valor

Dinâmica participativa → Aplicação de questionário → atores estratégicos quanto ao uso, planejamento e gestão de recursos hídricos na bacia do Verde Grande

Objetivo → Atribuir uma **nota a cada intervenção** que represente o seu **desempenho global** relativo, permitindo identificar aquelas intervenções com **melhores condições de implantação**.

3º Bloco

3º Bloco: Metodologia para Hierarquização

• Indicadores dos 14 Barramentos Propostos no PRH Verde Grande (A5)

- (1) **Técnicos**
- (2) **Financeiros**
- (3) **Sociais**
- (4) **Ambientais**
- (5) **Segurança**

3º Bloco: Metodologia para Hierarquização

• Indicadores Técnicos - Barramentos Propostos (1)

Barragem	Q Incr 95 [m³/s]	Área Alag. / O Incr [ha]	Indicadores Técnicos					Vol. Acum. / O Incr [m³]	Vol. Acum. / Vol. Incr [m³]
			Vol. Acum. / O Incr [m³]	Vol. Máx. / O Incr [m³]	Genér. [m³/m²]	Vol. Acum. / Área Alag. [m³/ha]	Genér. [m³/ha]		
Condição do Indicador	Mayor	Menor	Menor	Menor	Menor	Mayor	Mayor	Mayor	
Grupo 1 - Vazão									
Praia	0,066	1,912	147,1	8,8	4,53	76,9	16,7		
Stão	0,069	2,101	185,5	10,4	4,60	88,3	17,8		
Piñón	0,262	669	25,8	0,7	1,71	29,2	26,9		
Praia	0,096	698	65,1	3,1	3,91	93,3	21,0		
Grupo 2 - Área									
Vozes	0,301	1,130	59,8	2,8	1,69	62,9	21,2		
Capoño	0,199	795	40,9	1,0	3,31	54,2	26,9		
Capoño	0,059	676	70,8	0,8	3,03	104,5	69,8		
Tibusa	0,137	314	23,4	3,5	3,11	74,4	6,6		
Grupo 3 - Volume									
Sucupara	0,177	220	24,0	0,2	1,54	108,0	105,0		
Agua Limpia	0,246	349	26,5	0,2	0,75	103,5	211,0		
Cocoe	0,127	1,772	66,1	0,1	6,68	21,2	789,0		
Elba Novo	0,466	1,464	105,3	2,0	8,44	75,0	62,1		
Mamonas	0,174	1,266	69,0	0,1	869,2	54,5	473,8		
Elba Domingo	0,586	1,066	127,2	2,8	67,969	108,3	44,9		

3º Bloco: Metodologia para Hierarquização

Indicadores Financeiros - Barramentos Propostos (2)

Barragem	Indicadores Financeiros	
	Custo / Qlncr 95	Custo / Val. Acum.
Condição do Indicador	Menor	Menor
Peixe	990,25	6,73
Sitio	1.172,89	6,32
Pedras	77,70	3,01
Prata	346,18	6,36
Verde	330,09	5,35
Canos	121,21	2,96
Cerriado	1.041,50	14,70
Tábua	392,25	16,79
Sucupira	301,50	12,58
Água Limpa	221,83	6,25
Cocos	125,67	1,67
Sitio Novo	232,75	2,21
Mamonas	198,62	2,88
São Domingos	321,38	2,53

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



38

3º Bloco: Metodologia para Hierarquização

Indicadores Sociais - Barramentos Propostos (3)

- Dois situações:**
- Associada ao incremento hídrico proporcionado pelo empreendimento com a efetiva necessidade de água
 - Relativa ao impacto social gerado com a implantação do reservatório

Barragem	Indicadores Sociais		
	Atendimento Demandas	Impactos na Área Alagada	Posição Bairro
Condição do Indicador	Positivo, Alta e Muito Alto		Positivo, Baixo
Peixe	Muito Demanda		Médio
Sitio	Muito Demanda		Médio
Pedras	Muito Demanda		Médio
Prata	Muito Demanda		Médio
Verde	Muito Demanda		Alto
Canos	Muito Demanda		Médio
Cerriado	Muito Demanda		Alto
Tábua	Muito Demanda		Alto
Sucupira	Alta Demanda		Baixo
Água Limpa	Alta Demanda		Baixo
Cocos	Muito Demanda		Alto
Sitio Novo	Muito Demanda		Médio
Mamonas	Muito Alta Demanda		Alto
São Domingos	Muito Alta Demanda		Médio

Alto Impacto: presença de comunidades, estradas, benfeitorias e áreas produtivas;
Médio Impacto: presença de estradas, benfeitorias e áreas produtivas, de forma dispersa e pouco numerosas;
Baixo Impacto: inexistência de comunidades, estradas, benfeitorias e áreas produtivas.

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



39

3º Bloco: Metodologia para Hierarquização

Indicador Ambiental - Barramentos Propostos (4)

Associado à **supressão de áreas vegetadas** pelos alagamentos resultantes das formações dos reservatórios.

- Escala:**
- **Alto Impacto:** presença significativa de área vegetada;
 - **Médio Impacto:** presença não significativa de área vegetada;
 - **Baixo Impacto:** inexistência ou presença pouco significativa de área vegetada.

A classificação foi realizada de forma visual e direta sobre os mapas dos reservatórios

Barragem	Supressão de Área Vegetada
Peixe	Médio Impacto
Sitio	Médio Impacto
Pedras	Médio Impacto
Prata	Médio Impacto
Verde	Médio Impacto
Canos	Médio Impacto
Cerriado	Alto Impacto
Tábua	Médio Impacto
Sucupira	Alto Impacto
Água Limpa	Médio Impacto
Cocos	Médio Impacto
Sitio Novo	Baixo Impacto
Mamonas	Médio Impacto
São Domingos	Baixo Impacto

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



40

3º Bloco: Metodologia para Hierarquização

Indicadores de Segurança - Barramentos Propostos (5)

- Dois indicadores:**
- Relacionado ao risco de rompimento do barramento (denominado de **Equivalente de Risco**)
 - ↳ Altura máxima do maciço / Volume de água acumulado no reservatório
 - ↳ **Alto Risco:** se a altura máxima do maciço for superior a 25 m e o volume acumulado no reservatório for superior a 10 Hm³
 - ↳ **Médio Risco:** se apenas uma das condições anteriores ocorrer
 - ↳ **Baixo Risco:** se nenhuma das condições ocorrer

Barragem	Indicadores de Segurança	
	Equivalente de Risco	Equivalente de DPA
Peixe	Alto	Alto
Sitio	Alto	Alto
Pedras	Baixo	Alto
Prata	Médio	Alto
Verde	Médio	Alto
Canos	Baixo	Médio
Cerriado	Médio	Alto
Tábua	Médio	Alto
Sucupira	Médio	Baixo
Água Limpa	Médio	Baixo
Cocos	Baixo	Alto
Sitio Novo	Médio	Médio
Mamonas	Alto	Médio
São Domingos	Alto	Alto

- Relacionado aos danos potenciais associados no caso do rompimento do barramento (denominado de **Equivalente DPA**)
 - ↳ Existência de comunidades e estradas a jusante do barramento (5 km), junto ou próximo às calhas dos cursos de água barrados
 - ↳ **Alto DPA:** existência de comunidades, residências e estradas
 - ↳ **Médio DPA:** existência de estradas
 - ↳ **Baixo DPA:** inexistência de comunidades, residências e estradas

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



41

3º Bloco: Metodologia para Hierarquização

Indicadores das 2 Transposições de Vazões (A6)

(1) Técnico

(2) Financeiro

(3) Social

3º Bloco: Metodologia para Hierarquização

Indicador Técnico - Transposições de Vazões

Incremento Hídrico nos Pontos de Controle:

- Considerados:
- Pontos de controle
 - Valores referenciais (vazões com garantia de 95%) - indicados no Marco Regulatório do Rio Verde Grande (Nota Técnica ANA nº 10/2018)

Transposição	Vazão Transposta (m³/s)	Ponto de Controle	Vazão 95% (PC) (m³/s)	Relação (Vazão Transposta / Vazão 95% PC)
Cocanhos-Juazeiro	0,830	Capão Engas	0,403	206%
	1,250	Fazenda Abaeté	0,949	132%
Jalba	0,830	Capão Engas	0,403	206%
	1,250	Capão Jalba	1,317	95%

Valores das vazões transpostas corrigido para 24h/24h.
 *O lançamento mais a montante da Transposição Jalba é, ainda, a jusante do PC Capão Engas.

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



42

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



43

3º Bloco: Metodologia para Hierarquização

• Indicador Financeiro - Transposições de Vazões

Custo da água transposta (período de 30 anos, com taxa de desconto de 6% ao ano):

Transposição	Vazão (m³/s)	R\$/m³
Congonhas-Juramento	2,00	0,194
Jaiba	4,50	0,197

Os valores não consideram as tarifas de água relativas às suas captações

Reservatório Congonhas: R\$ 0,10/m³
Canal CP-3 do Projeto Jaiba: R\$ 0,05/m³

- Transposição Congonhas-Juramento a maior parcela é relativa ao custo de energia (60% do total);
- Transposição Jaiba os custos de implantação são os mais significativos (65% do total).

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



44

3º Bloco: Metodologia para Hierarquização

• Indicador Social - Transposições de Vazões

Abrangência dos Benefícios da Transposição

- Considerados:
- Multiplicidade de uso (quantidade e diversidade de usos, com destaque para o abastecimento público)
 - Abrangência espacial

Transposição	Multiplicidade de Uso	Abrangência Espacial
Congonhas-Juramento	Maior	Menor
Jaiba	Menor	Maior

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



45

3º Bloco: Dinâmica para Determinação dos Ponderadores

Aplicação de Questionários para Ponderação dos Indicadores

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



46

3º Bloco: Dinâmica para Determinação dos Ponderadores

O desempenho final ou global da intervenção é determinado por uma equação deste tipo:

- Ponderando as **naturezas** dos indicadores:

$$DesempenhoGlobal = Peso_{nuc} \times Indicador_{nuc} + Peso_{fm} \times Indicador_{fm} + Peso_{soc} \times Indicador_{soc} + \dots$$

- Dentro de cada natureza, ponderando os **indicadores**, será feito algo semelhante, multiplicando-se cada resultado de indicador, pelo seu peso relativo, obtido na oficina.

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



48

3º Bloco: Dinâmica para Determinação dos Ponderadores

Questionários

Serão 19 perguntas reunidas em 3 conjuntos:

- ✓ 10 perguntas entre as Naturezas – Barramentos
- ✓ 3 perguntas entre Naturezas – Transposições
- ✓ 6 perguntas entre Indicadores - Barramentos

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



49

3º Bloco: Dinâmica para Determinação dos Ponderadores

Questionários

1. Para ponderação das **naturezas dos indicadores dos Barramentos** propostos no PRH Verde Grande.

Pergunta 1:

Indicadores Técnicos são:				
(a) Muito mais significativos	(b) Mais significativos	(c) Igual significância	(d) Menos significativos	(e) Muito menos significativos

Que Indicadores **Financeiros**?

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



50

3º Bloco: Dinâmica para Determinação dos Ponderadores

Questionários

Pergunta 2:

Indicadores **Técnicos** são:

(a) Muito mais significativos	(b) Mais significativos	(c) Igual significância	(d) Menos significativos	(e) Muito menos significativos
-------------------------------	-------------------------	-------------------------	--------------------------	--------------------------------

Que Indicadores **Sociais**?

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



51

3º Bloco: Dinâmica para Determinação dos Ponderadores

Questionários

Pergunta 3:

Indicadores **Técnicos** são:

(a) Muito mais significativos	(b) Mais significativos	(c) Igual significância	(d) Menos significativos	(e) Muito menos significativos
-------------------------------	-------------------------	-------------------------	--------------------------	--------------------------------

Que Indicadores **Ambientais**?

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



52

3º Bloco: Dinâmica para Determinação dos Ponderadores

Questionários

Pergunta 4:

Indicadores **Técnicos** são:

(a) Muito mais significativos	(b) Mais significativos	(c) Igual significância	(d) Menos significativos	(e) Muito menos significativos
-------------------------------	-------------------------	-------------------------	--------------------------	--------------------------------

Que Indicadores de **Segurança**?

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



53

3º Bloco: Dinâmica para Determinação dos Ponderadores

Questionários

Pergunta 5:

Indicadores **Financeiros** são:

(a) Muito mais significativos	(b) Mais significativos	(c) Igual significância	(d) Menos significativos	(e) Muito menos significativos
-------------------------------	-------------------------	-------------------------	--------------------------	--------------------------------

Que Indicadores **Sociais**?

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



54

3º Bloco: Dinâmica para Determinação dos Ponderadores

Questionários

Pergunta 6:

Indicadores **Financeiros** são:

(a) Muito mais significativos	(b) Mais significativos	(c) Igual significância	(d) Menos significativos	(e) Muito menos significativos
-------------------------------	-------------------------	-------------------------	--------------------------	--------------------------------

Que Indicadores **Ambientais**?

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



55

3º Bloco: Dinâmica para Determinação dos Ponderadores

Questionários

Pergunta 7:

Indicadores **Financeiros** são:

(a) Muito mais significativos	(b) Mais significativos	(c) Igual significância	(d) Menos significativos	(e) Muito menos significativos
-------------------------------	-------------------------	-------------------------	--------------------------	--------------------------------

Que Indicadores de **Segurança**?

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



56

3º Bloco: Dinâmica para Determinação dos Ponderadores

Questionários

Pergunta 8:

Indicadores **Sociais** são:

(a) Muito mais significativos	(b) Mais significativos	(c) Igual significância	(d) Menos significativos	(e) Muito menos significativos
-------------------------------	-------------------------	-------------------------	--------------------------	--------------------------------

Que Indicadores **Ambientais**?

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



57

3º Bloco: Dinâmica para Determinação dos Ponderadores

Questionários

Pergunta 9:

Indicadores **Sociais** são:

(a) Muito mais significativos	(b) Mais significativos	(c) Igual significância	(d) Menos significativos	(e) Muito menos significativos
-------------------------------	-------------------------	-------------------------	--------------------------	--------------------------------

Que Indicadores de **Segurança**?

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



58

3º Bloco: Dinâmica para Determinação dos Ponderadores

Questionários

Pergunta 10:

Indicadores **Ambientais** são:

(a) Muito mais significativos	(b) Mais significativos	(c) Igual significância	(d) Menos significativos	(e) Muito menos significativos
-------------------------------	-------------------------	-------------------------	--------------------------	--------------------------------

Que Indicadores de **Segurança**?

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



59

3º Bloco: Dinâmica para Determinação dos Ponderadores

Questionários

2. Para ponderação das **naturezas dos indicadores das Transposições Planejadas**:

Pergunta 11:

Indicador **Financeiro** é:

(a) Muito mais significativo	(b) Mais significativo	(c) Igual significância	(d) Menos significativo	(e) Muito menos significativo
------------------------------	------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------------

Que Indicador **Social**?

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



60

3º Bloco: Dinâmica para Determinação dos Ponderadores

Questionários

Pergunta 12:

Indicador **Financeiro** é:

(a) Muito mais significativo	(b) Mais significativo	(c) Igual significância	(d) Menos significativo	(e) Muito menos significativo
------------------------------	------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------------

Que Indicador **Técnico**?

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



61

3º Bloco: Dinâmica para Determinação dos Ponderadores

Questionários

Pergunta 13: Indicador **Social** é:

(a) Muito mais significativo	(b) Mais significativo	(c) Igual significância	(d) Menos significativo	(e) Muito menos significativo
------------------------------	------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------------

Que Indicador **Técnico**?

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



62

3º Bloco: Dinâmica para Determinação dos Ponderadores

Questionários

3. Para ponderação dos indicadores dos Barramentos propostos no PRH Verde Grande:

3.1. De Natureza Técnica:

Pergunta 14:

Indicadores do Grupo 1 (Incremento hídrico) são:

(a) Muito mais significativos	(b) Mais significativos	(c) Igual significância	(d) Menos significativos	(e) Muito menos significativos
-------------------------------	-------------------------	-------------------------	--------------------------	--------------------------------

Que Indicadores do Grupo 2 (Área alagada para incremento hídrico)?

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



63

3º Bloco: Dinâmica para Determinação dos Ponderadores

Questionários

Pergunta 15:

Indicadores do Grupo 1 (Incremento hídrico) são:

(a) Muito mais significativos	(b) Mais significativos	(c) Igual significância	(d) Menos significativos	(e) Muito menos significativos
-------------------------------	-------------------------	-------------------------	--------------------------	--------------------------------

Que Indicadores do Grupo 3 (Volumes para incremento hídrico)?

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



64

3º Bloco: Dinâmica para Determinação dos Ponderadores

Questionários

Pergunta 16:

Indicadores do Grupo 2 (Área alagada para incremento hídrico) são:

(a) Muito mais significativos	(b) Mais significativos	(c) Igual significância	(d) Menos significativos	(e) Muito menos significativos
-------------------------------	-------------------------	-------------------------	--------------------------	--------------------------------

Que Indicadores do Grupo 3 (Volumes para incremento hídrico)?

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



65

3º Bloco: Dinâmica para Determinação dos Ponderadores

Questionários

3.2. De Natureza Financeira:

Pergunta 17:

Indicador **Custo incremento hídrico** é:

(a) Muito mais significativo	(b) Mais significativo	(c) Igual significância	(d) Menos significativo	(e) Muito menos significativo
------------------------------	------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------------

Que Indicador **Custo volume acumulado**?

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



66

3º Bloco: Dinâmica para Determinação dos Ponderadores

Questionários

3.3. De Natureza Social:

Pergunta 18:

Indicador **Atendimento às demandas** é:

(a) Muito mais significativo	(b) Mais significativo	(c) Igual significância	(d) Menos significativo	(e) Muito menos significativo
------------------------------	------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------------

Que Indicador **Impactos na área alagada**?

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



67

3º Bloco: Dinâmica para Determinação dos Ponderadores

Questionários

3.4. De Natureza de Segurança:

Pergunta 19:

Indicador **Equivalente risco** é:

(a) Muito mais significativo	(b) Mais significativo	(c) Igual significância	(d) Menos significativo	(e) Muito menos significativo
------------------------------	------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------------

Que Indicador **Equivalente dano potencial associado**?

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



68

4º Bloco: Resultados da Dinâmica

Apresentação dos Resultados sobre Processamento dos Questionários
- Ponderação dos Indicadores -

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



69

4º Bloco: Resultados da Dinâmica

Ponderação dos Indicadores - Respostas

1. Para ponderação dos volumes dos Indicadores de Barramentos		
Pergunta 1:	Indicadores Técnicos são	Que Indicadores Financeiros
Pergunta 2:	Indicadores Técnicos são	Que Indicadores Sociais
Pergunta 3:	Indicadores Técnicos são	Que Indicadores Ambientais
Pergunta 4:	Indicadores Técnicos são	Que Indicadores de Segurança
Pergunta 5:	Indicadores Financeiros são	Que Indicadores Sociais
Pergunta 6:	Indicadores Financeiros são	Que Indicadores Ambientais
Pergunta 7:	Indicadores Financeiros são	Que Indicadores de Segurança
Pergunta 8:	Indicadores Sociais são	Que Indicadores Ambientais
Pergunta 9:	Indicadores Sociais são	Que Indicadores de Segurança
Pergunta 10:	Indicadores Ambientais são	Que Indicadores de Segurança
2. Para ponderação dos impactos ambientais das Transposições		
Pergunta 11:	Indicador Financeiro é	Que Indicador Social
Pergunta 12:	Indicador Financeiro é	Que Indicador Técnico
Pergunta 13:	Indicador Social é	Que Indicador Técnico
3. Para ponderação dos indicadores dos Barramentos		
3.1. De Natureza Técnica		
Pergunta 14:	Indicadores do Grupo 1 (Incremento Hídrico) são	Que Indicadores do Grupo 2 (Área alagada para incremento hídrico)
Pergunta 15:	Indicadores do Grupo 1 (Incremento Hídrico) são	Que Indicadores do Grupo 3 (Volumes para incremento hídrico)
Pergunta 16:	Indicadores do Grupo 2 (Área alagada para incremento hídrico) são	Que Indicadores do Grupo 3 (Volumes para incremento hídrico)
3.2. De Natureza Financeira		
Pergunta 17:	Indicador Custo Incremento hídrico é	Que Indicador Custo volume acumulado
3.3. De Natureza Social		
Pergunta 18:	Indicador Atendimento às demandas é	Que Indicador Impacto na área alagada
3.4. De Natureza de Segurança		
Pergunta 19:	Indicador Equivalente risco é	Que Indicador Equivalente dano potencial associado

70

4º Bloco: Resultados da Dinâmica

Ponderação dos Indicadores

Ponderadores das Naturezas dos Indicadores - Barramentos

Natureza	Ponderador Calculado
Técnica	
Financeira	
Social	
Ambiental	
Segurança	

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



71

4º Bloco: Resultados da Dinâmica

Ponderação dos Indicadores

Ponderadores dos Indicadores - Barramentos

Indicador	Ponderador Calculado
Técnico – Grupo 1 – Incremento Hídrico	
Técnico – Grupo 2 – Áreas	
Técnico – Grupo 3 – Volumes	
Financeira – Custo Incremento Hídrico	
Financeira – Custo Volume Acumulado	
Social – Atendimento Demandas	
Social – Impactos Áreas Alagadas	
Segurança - Risco	
Segurança – Dano Potencial Associado	

72

4º Bloco: Resultados da Dinâmica

Ponderação dos Indicadores

Ponderadores das Naturezas dos Indicadores - Transposições

Natureza	Ponderador Calculado
Técnica	
Financeira	
Social	

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



73

4º Bloco: Resultados da Dinâmica

Aplicação do Questionário, pela internet, para preenchimento pessoal. (não obrigatório)



<https://forms.gle/6rMJUPRRUJRbrpTt6>

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



74



Muito Obrigado!

Profill Engenharia e Ambiente Ltda.
Avenida Iguacu, 451/601 – Petrópolis
Porto Alegre/RS

(51) 3211-3944
profill@profill.com.br
silvete@profill.com.br
henriquekatzon@gmail.com
carlos@profill.com.br
www.profill.com.br



	MEMÓRIA DE REUNIÃO	
	1ª Oficina de Trabalho	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

Memória da Oficina – GRUPO A – 08/06/2020 – 14h

O Primeiro dia da 1ª Oficina do Estudo de Incremento da Oferta Hídrica na Bacia do Rio Verde Grande, com a participação do Grupo A, iniciou com a fala da sra. Jacqueline pela Jacqueline Fonseca, representante da Agência Peixe Vivo e fiscal do contrato, apresentando a empresa responsável pelos estudos e o objetivo geral deste evento. Em seguida, o sr. Dirceu Colares, presidente do CBH, complementou informando a importância deste estudo para a bacia, somada à necessidade de melhorar o saneamento ambiental desta região.

Na sequência, foi iniciada a apresentação dos participantes, os quais informaram seu nome e instituição que representam. Terminada a apresentação, Sidnei, representante da PROFILL, iniciou a apresentação em *power point*, sendo informada a programação do evento e a contextualização dos trabalhos que vem sendo desenvolvido no âmbito do Contrato (Ato Convocatório nº: 003/2019 – Contrato de Gestão ANA nº: 083/ANA/2017). Henrique, também representante da PROFILL, deu continuidade a apresentação, se atentando às questões técnicas, referentes aos resultados alcançados até o momento sobre a Avaliação da Incremento da Oferta Hídrica, a saber: (i) Reservatórios Propostos no PRH Verde Grande; (ii) Transposição de Vazões Planejadas; e (iii) Inventário de Novos Locais de Barramentos.

Finalizada a apresentação técnica, foi aberto o momento para responder perguntas referentes ao apresentado até o momento:

- *Marcus Rangel (DNOCS): Qual o volume afluente de cada barragem? e 95% não é para abastecimento? O representante do DNOCS complementou informando que vários estudos mostram que, no semiárido brasileiro, as barragens têm que ter duas vezes o valor da vazão afluente, pois a evaporação é muito alta.*

Henrique respondeu que é possível realizar esse cálculo. E que, especificamente para o setor de abastecimento, dá para trabalhar com garantias maiores. O representante da PROFILL também informou que a

	MEMÓRIA DE REUNIÃO	
	1ª Oficina de Trabalho	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

maioria das barragens estão alocadas em zona rural, sendo utilizadas por outros setores usuários.

- *Marcus Rangel (DNOCS): Marcus perguntou se foi realizada verificação “in loco”. Pois a questão geotécnica deve ser considerada, pois afetará significativamente nos estudos.*

Henrique informou que não foram realizadas vistorias, tendo em vista que o contrato atual é para definir as possíveis barragens e transposições visando incrementar a oferta hídrica. Todavia, uma vez propostas estas estruturas, os estudos posteriores irão considerar essas questões e outras mais aprofundadas.

- *Edson Vieira (ICA/UFMG): Informou que já realiza estudos hidrológicos há um tempo na Bacia do Rio Verde Grande e por este motivo perguntou como que foi possível duplicar a vazão de alguns barramentos, após alterar a alocação dos mesmos?*

Henrique respondeu que o desempenho dos barramentos não melhorou por causa dessa nova alocação. Essa melhoria nos desempenhos ocorreu, tendo em vista que foram consideradas as vazões remanescentes em cada região.

- *Edson Vieira (ICA/UFMG): Ao analisar as barragens situadas ao norte da bacia em seu pós doutorado, foi visto que as barragens de Mamonas e São Domingos teriam suas ofertas muito aquém da necessidade da região.*

Henrique informou, mesmo que tenha sido realizada a atualização das demandas de uso de água atuais e futuras (Produto 2), não foi analisada a demanda específica por região, mas sim o incremento que poderia ser gerado por estes reservatórios.

Elaborado por: 	Nº da revisão: 00	Código do Documento: Memória da 1ª Oficina_GRUPO_A	2/8
---	----------------------	---	-----

	MEMÓRIA DE REUNIÃO	
	1ª Oficina de Trabalho	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

- *Edson Vieira (ICA/UFMG): Foi estudada a possibilidade da implantação de barragem de soleira de nível?*

Henrique informou que esse estudo foi solicitado pelo CBH, mas que não é escopo da presente Oficina. Esta análise será realizada mais a frente e os resultados serão contemplados ainda no âmbito deste contrato.

- *Marcus Rangel (DNOCS) salientou que tem que cuidar com essas pequenas barragens do tipo soleiras, pois na Bacia do Rio Verde Grande a água evapora rápido.*
- *Edson Vieira (ICA/UFMG) informou que essas barragens seriam em locais estratégicos, em rios que suportariam essa infraestrutura.*

- *Edson Vieira (ICA/UFMG): Questionou se foram estudadas a eficiência das infraestruturas já existentes na bacia. Segundo o prof., atualmente as mesmas apresentam eficiência em torno de 55%. Foram realizados estudos que visam o aumento da eficiência (de até 90%). Por esse motivo, acredita-se que tal medida é a maneira mais rápida e mais barata para serem empregadas na bacia.*

Sidnei respondeu que tal estudo não é escopo deste contrato atual. Leo Mitre (consultor contratado pela Agência Peixe Vivo) informou que tem um contrato em realização, que está responsável por executar tal estudo.

- *Marcus Rangel (DNOCS): Informou que sobre a barragem de Congonhas, existe um outro estudo de alternativa de transposição sem o túnel e com descida da água por tubulações, visando colocar uma PCH de cerca de 900 Kva, o que diminuiria os custos de água.*

- *Flávio Troger (ANA): solicitou para falar mais das alterações nas dimensões da barragem de Congonhas (variação de 9 metros).*

Henrique informou que, inicialmente a barragem de Congonhas apresentaria mais volume acumulado e com nível de água mais alto. Ao

longo do passar do tempo, houve-se um reestudo realizando um rebaixamento de 9 metros. O que foi comentado é que o estudo analisado no âmbito deste contrato ainda considerou a barragem maior. Dessa forma, os valores apresentados terão um acréscimo de cerca de 8%.

- *Flavio questionou se a PROFILL irá realizar esse ajuste no âmbito deste estudo?*

Henrique informou que será acrescentado em torno de 8 a 9% no custo para implantação da Barragem de Congonhas.

- *Apesar dos ajustes realizados pela PROFILL sobre as áreas de drenagem, reduzindo cerca de 9% a área de drenagem dos reservatórios planejados, a ANA observou que também houve um aumento expressivo (mais de 80%) nas potências estimadas e regularizadas. Suspeitando que a modelagem realizada pode ter levado, em partes, esse aumento expressivo.*

Henrique informou que há um estudo que reduziu o reservatório xxxxx

Uma vez terminados os questionamentos, na sequência iniciou-se o 3º bloco: priorização e hierarquização dos indicadores de desempenho. Henrique explicou detalhadamente cada um dos indicadores considerados para os 14 barramentos (Técnicos, Ambientais, Financeiros, Sociais e de Segurança), e os indicadores a serem ponderados para as transposições estudadas (Técnico, Financeiro e Social).

Na sequência foi iniciada a dinâmica junto aos participantes, a qual era composta por 19 perguntas, conforme exemplo abaixo:

Pergunta 1:

Indicadores **Técnicos** são:

(a) Muito mais significativos	(b) Mais significativos	(c) Igual significância	(d) Menos significativos	(e) Muito menos significativos
-------------------------------	-------------------------	-------------------------	--------------------------	--------------------------------

Que Indicadores **Financeiros**?

Cada participante informou sua resposta informando através do “chat” sua letra correspondente ou comunicando verbalmente sua resposta. Neste momento os participantes também dirimiram suas dúvidas e justificaram suas respostas quando julgaram necessário. A resposta final para cada pergunta foi informada pelo Sidnei, sendo a letra predominante em cada pergunta. Em caso de empate entre as respostas (ou quando as respostas ficaram muito próximas, foram mantidas as respostas preponderantes). O resultado das respostas predominantes é apresentado a seguir:

P1	C
P2	C
P3	B
P4	B
P5	D
P6	B
P7	C
P8	B
P9	C
P10	C/D

P11	C
P12	D/D
P13	C
P14	B
P15	C
P16	C/D
P17	B
P18	B
P19	C

Uma vez obtidas todas as respostas, foi apresentada a ponderação dos resultados apresentados mostrando quantos pontos cada grupo de indicadores teve, segundo as votações recebidas pelo Grupo A.

- *Quanto à Natureza dos Indicadores das Barragens*

INDICADOR	PESO
Técnica	25%
Financeira	20%
Social	25%
Ambiental	12%
Segurança	18%

○ *Pesos entre grupos de indicadores técnicos de Barragens*

INDICADOR	PESO
Incremento hídrico + Incremento hídrico relativo	42%
Área alagada pelo increm hídrico + Eficiência espacial acumulação	23%
Vol acumul pelo increm hídrico + Vol maciço pelo increm hídrico + Eficiência volum acumulação	35%

○ *Pesos entre indicadores financeiros de Barragens*

INDICADOR	PESO
Custo incremento hídrico	67%
Custo volume acumulado	33%

○ *Pesos entre indicadores sociais de Barragens*

INDICADOR	PESO
Atendimento às demandas	67%
Impactos na área alagada	33%

○ *Pesos entre indicadores de segurança de Barragens*

INDICADOR	PESO
Equivalente risco	50%
Equivalente dano potencial associado	50%

● *Quanto à Natureza dos Indicadores das Transposições*

INDICADOR	PESO
Custo da água transposta	30%
Abrangência dos benefícios	33%
Incremento hídrico nos PCs	37%

Por fim, o sr Ivan Oliveira, representante da Prefeitura Municipal de Matias Cardoso perguntou se o resultado do questionário irá influenciar no projeto ou nos projetos? Sidnei informou que esta dinâmica irá influenciar na ponderação

	MEMÓRIA DE REUNIÃO	
	1ª Oficina de Trabalho	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

dos resultados dos estudos que vêm sendo desenvolvidos no âmbito deste contrato.

O Primeiro dia da 1ª Oficina do Estudo de Incremento da Oferta Hídrica na Bacia do Rio Verde Grande foi encerrado às 17h e 10 min. A seguir é apresentada a lista de presença.

Lista presença

Nº	Instituição	Nome	Telefone	E-mail
1	Diretoria CBHVG - Presidente	Dirceu Colares de Araújo Moreira	(38) 99985-2000 /3213-0647	cbhvg1@gmail.com
2	Sindicato Rural de Montes Claros	Maria Socorro M. Almeida Carvalho	(38) 98836-6876	secex.verdegrande@gmail.com
3	DNOCS	Robeisia Holanda	(85) 3391-5230 (85) 3391-5100	robeisia.holanda@dnocs.gov.br
4	DNOCS	Marcus Rangel	(85) 3391-5100	marcus.rangel@dnocs.gov.br
5	ANA	Tânia Regina Dias da Silva		taniadias@ana.gov.br
6	ANA - SPR	Flávio Hadler Tröger		troger@ana.gov.br
7	ANA	Volney Zanardi Junior		volney.zanardi@ana.gov.br
8	EMATER	Arquimedes Batista Neves Teixeira	(38) 99138-9596	arquimedes.batista@emater.mg.gov.br
9	Serviço Autônomo de Água e Esgoto – SAAE Francisco-Sá	Roberto de Miranda	(38) 3233 1202 (38) 3233 1000 (38) 3233 1249 (38) 3233 1212 (38) 9 9922 2575	saaefsa@hotmail.com mirandarbto@yahoo.com
10	Distrito Irrigação Jaíba (DIJ)	Anna Priscila Camargo Dias	(38)98407-3784	gerenciaexecutiva@dij2.com.br
11	Distrito Irrigação Gorutuba (DIG)	Gustavo Wagner Drumond Lage	(38) 99988-1025	grupobanarica@yahoo.com.br
12	Prefeitura Municipal de Matias Cardoso	Ivan Lucio de Oliveira	(38) 9 9171 6505 (38) 9 9985 2977 (38) 3616 3113	Ivanlucio2015@hotmail.com
13	Prefeitura Municipal de Glaucilândia	Rodrigo Dhryell Santos	(38) 9 9993 3067	Amb.rodriigo@gmail.com
14	ICA/UFMG	Edson de Oliveira Vieira	(38) 2101-7708 / 9 9965-9973	eovieira@ica.ufmg.br
15	ABANORTE	Nilde Antunes Rodrigues Lage	(38) 3834-1257 - (38) 99988-0404	nildelage@yahoo.com.br
	ABANORTE	Ivanete Pereira dos Santos		
16	Agência Peixe Vivo	Thiago Campos		thiago.campos@agenciapeixe vivo.org.br
17	Agência Peixe Vivo	Jacqueline Fonseca		jacqueline.fonseca@agenciapeixe vivo.org.br

	MEMÓRIA DE REUNIÃO	
	1ª Oficina de Trabalho	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

Nº	Instituição	Nome	Telefone	E-mail
18	Agência Peixe Vivo	Leonardo Mitre		leomitre@hotmail.com
19	PROFILL	Sidnei Agra		sidnei.agra@profill.com.br
20	PROFILL	Henrique Kotzan		henriquekotzian@gmail.com
21	PROFILL	Bruna Paiva		bruna.paiva@profill.com.br

	MEMÓRIA DE REUNIÃO	
	1ª Oficina de Trabalho	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

Memória da Oficina – GRUPO B – 09/06/2020 – 8h 30 min

O Segundo dia da 1ª Oficina do Estudo de Incremento da Oferta Hídrica na Bacia do Rio Verde Grande, com a participação do Grupo C, iniciou com a fala da sra. Jacqueline pela Jacqueline Fonseca, representante da Agência Peixe Vivo e fiscal do contrato, apresentando a empresa responsável pelos estudos e o objetivo geral deste evento. Na sequência, foi iniciada a apresentação dos participantes, os quais informaram seu nome e instituição que representam.

Terminada a apresentação, Sidnei, representante da PROFILL, iniciou a apresentação em *power point*, sendo informada a programação do evento e a contextualização dos trabalhos que vem sendo desenvolvido no âmbito do Contrato (Ato Convocatório nº: 003/2019 – Contrato de Gestão ANA nº: 083/ANA/2017). Henrique, também representante da PROFILL, deu continuidade a apresentação, se atentando às questões técnicas, referentes aos resultados alcançados até o momento sobre a Avaliação da Incremento da Oferta Hídrica, a saber: (i) Reservatórios Propostos no PRH Verde Grande; (ii) Transposição de Vazões Planejadas; e (iii) Inventário de Novos Locais de Barramentos.

Finalizada a apresentação técnica, foi aberto o momento para responder perguntas referentes ao apresentado até o momento:

- *Maria Antonieta (CPRM): Questionou se o estudo desenvolvido pela PROFILL tem considerado a geologia cárstica encontrada na região. Na qual caracteriza o “sumiço” de água em locais onde são detectadas esta presença geológica.*

Henrique falou que sabe da existência desta característica e, por isso, há um hidrogeólogo na equipe que está estudando estas questões. Neste momento foi proposto para que a PROFILL se reúna com a equipe da CPRM para troca de informações obtidas até então em ambos os estudos desenvolvidos na Bacia, visando o alimento das informações.

Elaborado por: 	Nº da revisão: 00	Código do Documento: Memória da 1ª Oficina_GRUPO_B	1/6
---	----------------------	---	-----

	MEMÓRIA DE REUNIÃO	
	1ª Oficina de Trabalho	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

- *Leonardo Mitre (Agência Peixe Vivo): Complementou informando que há necessidade de analisar se algum dos barramentos estudados nos afluentes do rio Verde Grande também sofrerão esse efeito hidrogeológico por conta da situação cárstica encontrada na região.*
- *Ari Teodoro de Oliveira (Estância das Aroeiras): Questionou que antes do rio Verde Grande receber as águas das possíveis transposições, não seria necessário realizar a revitalização deste rio? O participante atentou que ele tem um sítio às margens do rio e ele descreve o rio como efêmero. Após 30 dias do início das chuvas este rio passa a ser um rio morto.*
Henrique informou que a transposição de Congonhas seria destinada ao abastecimento da população do município de Montes Claros. Essa água, uma vez utilizada pela população, acaba retornando em forma de esgoto tratado, sendo este o acréscimo na calha do rio Verde Grande, à jusante da cidade de Montes Claros, em torno de 80% dos 2 m³ (cerca de 1,6 m³). Vazão bastante baixa para a calha do rio. Por fim, essas ações de revitalização são muito necessárias, por isso, deverá ser tratada no âmbito do CBH, uma vez que esse assunto não é escopo do atual estudo.

Uma vez terminados os questionamentos, na sequência iniciou-se o 3º bloco: priorização e hierarquização dos indicadores de desempenho. Henrique explicou detalhadamente cada um dos indicadores considerados para os 14 barramentos (Técnicos, Ambientais, Financeiros, Sociais e de Segurança), e os indicadores a serem ponderados para as transposições estudadas (Técnico, Financeiro e Social). Após explicação, houve novos questionamentos por parte dos participantes, a saber:

Elaborado por: 	Nº da revisão: 00	Código do Documento: Memória da 1ª Oficina_GRUPO_B	2/6
---	----------------------	---	-----

- *João Batista (EPAMIG): Estava com dúvidas com relação as unidades de medida apresentadas nos indicadores.*

Henrique informou que se optou por trabalhar com a unidade de Hm³, tendo em vista que os números ficariam menores e seria mais fácil de analisar os valores. Essa solicitação foi realizada pelo fiscal do contrato.

- *João Batista (EPAMIG): Questionou sobre os valores apresentados para as áreas de desapropriação. Como foi feito o laudo?*

Henrique informou que esta análise é bastante complexa, porém, para este estudo trabalhou-se com um valor médio por hectare. O que impactou foi a quantidade de área alagada, uma vez que o custo do hectare é o mesmo para todos os empreendimentos. Sabendo que posteriormente, através de um novo estudo, essa questão terá que ser melhor aprofundada.

Na sequência foi iniciada a dinâmica junto aos participantes, a qual era composta por 19 perguntas, conforme exemplo abaixo:

Pergunta 1:

Indicadores **Técnicos** são:

(a) Muito mais significativos	(b) Mais significativos	(c) Igual significância	(d) Menos significativos	(e) Muito menos significativos
-------------------------------	-------------------------	-------------------------	--------------------------	--------------------------------

Que Indicadores **Financeiros**?

Cada participante informou sua resposta informando através do “chat” sua letra correspondente ou comunicando verbalmente sua resposta. Neste momento os participantes também dirimiram suas dúvidas e justificaram suas respostas quando julgaram necessário. A resposta final para cada pergunta foi informada pelo Sidnei, sendo a letra predominante em cada pergunta. Em caso de empate entre as respostas (ou quando as respostas ficaram muito próximas, foram mantidas as respostas preponderantes). O resultado das respostas predominantes é apresentado a seguir:

P1	B
P2	C
P3	C
P4	D
P5	D
P6	D
P7	E
P8	C
P9	C
P10	C

P11	D
P12	D
P13	B
P14	B
P15	C
P16	C
P17	C
P18	D
P19	D

Uma vez obtidas todas as respostas, foi apresentada a ponderação dos resultados apresentados mostrando quantos pontos cada grupo de indicadores teve, segundo as votações recebidas pelo Grupo B, apresentados a seguir:

- *Quanto à Natureza dos Indicadores das Barragens*

INDICADOR	PESO
Técnica	19%
Financeira	10%
Social	21%
Ambiental	21%
Segurança	28%

- *Pesos entre grupos de indicadores técnicos de Barragens*

INDICADOR	PESO
Incremento hídrico + Incremento hídrico relativo	42%
Área alagada pelo increm hídrico + Eficiência espacial acumulação	26%
Vol acumul pelo increm hídrico + Vol maciço pelo increm hídrico + Eficiência volum acumulação	32%

○ *Pesos entre indicadores financeiros de Barragens*

INDICADOR	PESO
Custo incremento hídrico	50%
Custo volume acumulado	50%

○ *Pesos entre indicadores sociais de Barragens*

INDICADOR	PESO
Atendimento às demandas	33%
Impactos na área alagada	67%

○ *Pesos entre indicadores de segurança de Barragens*

INDICADOR	PESO
Equivalente risco	33%
Equivalente dano potencial associado	67%

• *Quanto à Natureza dos Indicadores das Transposições*

INDICADOR	PESO
Custo da água transposta	19%
Abrangência dos benefícios	48%
Incremento hídrico nos PCs	33%

O Segundo dia da 1ª Oficina do Estudo de Incremento da Oferta Hídrica na Bacia do Rio Verde Grande foi encerrado às 11h e 20 min. A seguir é apresentada a lista de presença.

	MEMÓRIA DE REUNIÃO	
	1ª Oficina de Trabalho	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

Lista presença

Instituição	Nome	Telefone	E-mail
ONG Amigos do Rio Verde	César Silva	(38) 99113-0383	cesarjaiba@gmail.com cesar.ambientegeografico@gmail.com
IBAMA (representante regional)	Rafael Macedo Chaves	(38) 99932-3178	rafael.chaves@ibama.gov.br
Instituto de Desenvolvimento do Norte e Nordeste de Minas Gerais – IDENE	Márcia Genoveva Rafael Versiani	(38) 99737 8290	Marcia.versiani@idene.mg.gov.br
CPRM	Camila Mattiuzi	(51) 9 9935 9077	camila.mattiuzi@cprm.gov.br
CPRM	Maria Antonieta Mourão	(31) 3878-0385 / (31) 991428636	maria.antonieta@cprm.gov.br
Produtor Rural	Rodolpho Velloso Rebello	(38) 9 9986 8991 (38) 3215 1212 (38) 3221 2884	rodolphorebello@gmail.com
Prefeitura Municipal de Francisco Sá	Marina da Costa Moreira	38- 99176-4468	semafranciscosa@gmail.com marinacosta1088@gmail.com
UniGF (bahia)	Carlos Magno	(77) 99974-3646 (77) 3451-8430	geoeconomia@gmail.com reitoria@centrouniversitariounifg.edu.br
Estância das Aroeiras	Ari Teodoro de Oliveira	(38) 98428-8118	ariteodoro@gmail.com
EPAMIG	João Batista Ribeiro da Silva Reis	(38) 99191-1979	jbrsreis@epamig.br
Agência Peixe Vivo	Jacqueline Fonseca		jacqueline.fonseca@agenciapeixevivo.org.br
Agência Peixe Vivo	Leonardo Mitre		leomitre@hotmail.com
PROFILL	Sidnei Agra		sidnei.agra@profill.com.br
PROFILL	Henrique Kotzan		henriquekotzian@gmail.com
PROFILL	Bruna Paiva		bruna.paiva@profill.com.br
ANA	Tânia Regina Dias da Silva		taniadias@ana.gov.br

	MEMÓRIA DE REUNIÃO	
	1ª Oficina de Trabalho	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

Memória da Oficina – GRUPO C – 10/06/2020 – 8h 30 min

O Segundo dia da 1ª Oficina do Estudo de Incremento da Oferta Hídrica na Bacia do Rio Verde Grande, com a participação do Grupo C, iniciou com a fala da sra. Jacqueline pela Jacqueline Fonseca, representante da Agência Peixe Vivo e fiscal do contrato, apresentando a empresa responsável pelos estudos e o objetivo geral deste evento. Na sequência, foi iniciada a apresentação dos participantes, os quais informaram seu nome e instituição que representam.

Terminada a apresentação dos presentes, Sidnei, representante da PROFILL, iniciou a apresentação em *power point*, sendo informada a programação do evento e a contextualização dos trabalhos que vem sendo desenvolvido no âmbito do Contrato (Ato Convocatório nº: 003/2019 – Contrato de Gestão ANA nº: 083/ANA/2017). Henrique, também representante da PROFILL, deu continuidade a apresentação, se atentando às questões técnicas, referentes aos resultados alcançados até o momento sobre a Avaliação da Incremento da Oferta Hídrica, a saber: (i) Reservatórios Propostos no PRH Verde Grande; (ii) Transposição de Vazões Planejadas; e (iii) Inventário de Novos Locais de Barramentos.

Finalizada a apresentação técnica, foi aberto o momento para responder perguntas referentes ao apresentado até o momento:

- *Wesley Mota (IGAM): Não há viabilidade de barramento para o rio Gorutuba ou afluente, a montante da barragem bico da pedra?*
- *Roberto (CPRM): As alternativas de barramento apresentadas pelo Henrique, situadas a Oeste da Bacia e depois a Leste (margem direita do rio Gorutuba), tinha dados suficientes de vazão para compor a análise realizada?*

De acordo com Henrique, a região tem uma distribuição irregular de informações hidrológicas, sendo utilizadas como bases algumas estações que medem vazões (bases), somadas às estações que medem chuvas, sendo possível gerar as séries próximas a estes afluentes. No inventário,

	MEMÓRIA DE REUNIÃO	
	1ª Oficina de Trabalho	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

foram utilizadas as séries de estações próximas, sendo ajustadas por área de contribuição.

- *Roberto (CPRM): Seria interessante avaliar a área destes reservatórios, para identificar a fuga de água decorrente da presença cárstica existente nessa região.*

Henrique informou que essa questão será considerada neste estudo e que na oficina realizada ontem, na qual participou a sra. Maria Antonieta, representante da CPRM, ficou acordado que será realizada uma conversa junto à equipe da CPRM que está realizando as análises geológica, visando a troca de informação entre as partes.

- *Adalberto Santos (CBH Verde Grande): A vazão prevista para a transposição do Jaíba, depende muito do tipo de cultura a vazão.*

Henrique informou que o volume apresentado nesse estudo está contemplado um mix de cultura.

- *Wesley Mota (IGAM) Nenhum desses barramentos são para a calha do Verde Grande, fiquei em dúvida?*

Sidnei informou que nenhuma é na calha do rio Verde Grande, que o incremento para calha será consequência das transposições.

- *Renato Rebello (aposentado DNOCS): os barramentos no rio Verde Grande irão inundar as melhores terras da região e a questão cárstica, faz com que a obra fique mais cara.*

- *Rômulo Labate (Sindicato Rural dos Produtores Rurais de Montes Claros): é muito importante estudar as soleiras. A declividade do verde grande é muito pequena, demonstrando a importância de realizar o estudo destas soleiras.*

	MEMÓRIA DE REUNIÃO	
	1ª Oficina de Trabalho	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

- *Renato Rebello (aposentado DNOCS): informou que está sendo estudada uma captação no rio São Francisco para abastecer a cidade de Montes Claros e perguntou se a profill vai realizar esse estudo também.*
- *Mônica Ladeira (COPASA): informou que a obra já vai ser iniciada. Essa obra também será um incremento hídrico na calha do verde grade.*
Sidnei solicitou para a sra. Mônica encaminhar o projeto desta obra. Mônica solicitou para que o CBH oficialize o pedido à COPASA. Essa obra é emergencial, terá que ser realizada o quanto antes, devido a severa crise hídrica que o município de Montes Claros está passando.
- *Renato Rebello (aposentado DNOCS): Deveria ser realizada uma comparação de custos entre as obras de transposição do rio São Francisco com a de Congonhas.*
Sidnei informou que se receber as informações dessa transposição do rio São Francisco, poderá ser realizada a comparação neste estudo realizado pela PROFILL.

Uma vez terminados os questionamentos, na sequência iniciou-se o 3º bloco: priorização e hierarquização dos indicadores de desempenho. Henrique explicou detalhadamente cada um dos indicadores considerados para os 14 barramentos (Técnicos, Ambientais, Financeiros, Sociais e de Segurança), e os indicadores a serem ponderados para as transposições estudadas (Técnico, Financeiro e Social). Após explicação, houveram questionamentos por parte dos participantes:

- *Mônica Ladeira (COPASA): questionou a vazão da transposição de Congonhas, informou que a COPASA usaria cerca de 1.000 m³/s e não 2.000 m³/s.*
- *Renato Rebello (aposentado DNOCS): destacou que o valor é 2.000 m³/s mesmo, já pensando na demanda futura.*

- *Paulo Bina (Fazenda Esperança): perguntou se a transposição de Congonhas para Juramento não seria por gravidade?*

Henrique informou que não, para chegar à barragem de Juramento teria, aproximadamente, 105m de bombeamento.

Na sequência foi iniciada a dinâmica junto aos participantes, a qual era composta por 19 perguntas, conforme exemplo abaixo:

Pergunta 1:

Indicadores **Técnicos** são:

(a) Muito mais significativos	(b) Mais significativos	(c) Igual significância	(d) Menos significativos	(e) Muito menos significativos
-------------------------------	-------------------------	-------------------------	--------------------------	--------------------------------

Que Indicadores **Financeiros**?

Cada participante informou sua resposta informando através do “chat” sua letra correspondente ou comunicando verbalmente sua resposta. Neste momento os participantes também dirimiram suas dúvidas e justificaram suas respostas quando julgaram necessário. A resposta final para cada pergunta foi informada pelo Sidnei, sendo a letra predominante em cada pergunta. Em caso de empate entre as respostas (ou quando as respostas ficaram muito próximas, foram mantidas as respostas preponderantes). O resultado das respostas predominantes é apresentado a seguir:

P1	A/B
P2	C
P3	A/B
P4	C
P5	D
P6	C
P7	C/D
P8	C
P9	B
P10	D

P11	D
P12	D
P13	C
P14	B
P15	B
P16	D
P17	B
P18	B
P19	E

Uma vez obtidas todas as respostas, foi apresentada a ponderação dos resultados apresentados mostrando quantos pontos cada grupo de indicadores teve, segundo as votações recebidas pelo Grupo C, apresentados a seguir:

- *Quanto à Natureza dos Indicadores das Barragens*

INDICADOR	PESO
Técnica	28%
Financeira	13%
Social	25%
Ambiental	14%
Segurança	21%

- *Pesos entre grupos de indicadores técnicos de Barragens*

INDICADOR	PESO
Incremento hídrico + Incremento hídrico relativo	48%
Área alagada pelo increm hídrico + Eficiência espacial acumulação	19%
Vol acumul pelo increm hídrico + Vol maciço pelo increm hídrico + Eficiência volum acumulação	33%

- *Pesos entre indicadores financeiros de Barragens*

INDICADOR	PESO
Custo incremento hídrico	67%
Custo volume acumulado	33%

- *Pesos entre indicadores sociais de Barragens*

INDICADOR	PESO
Atendimento às demandas	67%
Impactos na área alagada	33%

- *Pesos entre indicadores de segurança de Barragens*

INDICADOR	PESO
Equivalente risco	25%
Equivalente dano potencial associado	75%

	MEMÓRIA DE REUNIÃO	
	1ª Oficina de Trabalho	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

- *Quanto à Natureza dos Indicadores das Transposições*

INDICADOR	PESO
Custo da água transposta	20%
Abrangência dos benefícios	40%
Incremento hídrico nos PCs	40%

O Terceiro dia da 1ª Oficina do Estudo de Incremento da Oferta Hídrica na Bacia do Rio Verde Grande foi encerrado às 11h e 20 min. A seguir é apresentada a lista de presença.

Lista presença

Nº	Instituição	Nome	Telefone	E-mail
1	Sindicato Rural de Montes Claros	Maria Socorro M. Almeida Carvalho	(38) 98836-6876	secex.verdegrande@gmail.com
2	CPRM	Roberto Kirchheim	-	roberto.kirchheim@cprm.gov.br
3	IGAM	Érika Soares Batista	(38) 3213-7931 (38) 99167-3096	erika.batista@meioambiente.mg.gov.br
4	IGAM	Marcelo Fonseca	(31) 3915-1126 (31) 9877-53130	marcelo.fonseca@meioambiente.mg.gov.br
5	IGAM	Wesley Mota França	(38) 3213 7931 (38) 9 9109 8909 (38) 9 8831 8909	Wesley.mota@meio.ambiente.mg.gov.br wmf.engenheiro@gmail.com
6	COPASA Montes Claros	Mônica Maria Ladeia	(38) 3229-5713 (38) 9 9902-1153	Monica.ladeia@copasa.com.br monicamladeia@gmail.com
7	Sindicato Rural dos Produtores Rurais de Montes Claros	Rômulo Labate	(38) 99985-0007	diretoria@propec.net
8	Lote 951A (Faz. Esperança)	Paulo Bina Fonyat de Lima	(38) 99962-2722	paulobina@hotmail.com
9	EMATER	Raniel Bispo Silva	38- 99945-4537	raniel.sobral@emater.mg.gov.br
10	CBH Verde Grande	Adalberto Santos	38 9127-0393	Gedig.gorutuba@yahoo.com.br
11	COPASA	Fred Henrique	38 99919-4194	fred.silva@copasa.com.br
12	Prefeitura de Matias Carsoso	Willyan Caldeira		willyan caldeira@ymail.com
13	Agência Peixe Vivo	Jacqueline Fonseca		jacqueline.fonseca@agenciapeixevivo.org.br
14	Agência Peixe Vivo	Jannyne		
15	PROFILL	Sidnei Agra		sidnei.agra@profill.com.br
16	PROFILL	Henrique Kotzan		henriquekotzian@gmail.com

Elaborado por:



Nº da revisão:

00

Código do Documento:

Memória da 1ª Oficina_GRUPO_C

6/7

	MEMÓRIA DE REUNIÃO	
	1ª Oficina de Trabalho	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

Nº	Instituição	Nome	Telefone	E-mail
17	PROFILL	Bruna Paiva		bruna.paiva@profill.com.br
18	ANA	Tânia Regina Dias da Silva		taniadias@ana.gov.br
19	Aposentado DNOCS	Renato Rebello		renato.rfreitas@bol.com.br
20	DNOCS	Dieysson Alkmim Oliveira		dieysson.oliveira@dnocs.gov.br dieysson.oliveira@gmail.com

	<p>Tipo de Documento: Relatório Técnico</p> <p>P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO</p>	
<p>ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE</p>		

Apêndice 2: Material da 2ª Oficina de Trabalho

<p>Elaborado por:</p> 	<p>Nº da revisão: 02</p>	<p>Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P6_IOH_AvaliaçãoConjunta_REV02</p>
---	------------------------------	---

CONVITE

A Agência Nacional de Águas e o Comitê da Bacia Hidrográfica do Verde Grande convidam para a

2ª OFICINA DO ESTUDO DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA DO RIO VERDE GRANDE

para validar as alternativas de incremento hídrico e consolidar
a priorização configurada neste estágio dos estudos

Grupo A

Dia 04/08/2020
Das 09h00 às 11h10

Grupo B

Dia 05/08/2020
Das 14h30 às 16h40

As reuniões serão realizadas através do Google Meet. Assim que definido o grupo em que você irá participar, encaminharemos um link para você acessar a reunião.

Mais informações: Whatsapp: 51-9977-58415 ou profill@profill.com.br

Contamos com a sua participação para juntos concluirmos este estudo.

Execução



Apoio Técnico



Realização



MINISTÉRIO DO
DESENVOLVIMENTO REGIONAL



INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



2ª Oficina – Validação e Hierarquização

04 e 05 de agosto de 2020






1

Programação

Bloco	Tempo
1º Bloco: Abertura • Apresentação e Contextualização.	15 min
2º Bloco: Apresentações e Validação • Resultados da 1ª Oficina: Ponderação entre Indicadores de Desempenho • Cálculo do Desempenho Global das Alternativas (Barramentos Propostos / Inventário / Transposições) • Validação dos resultados	40 min
3º Bloco: Dinâmica • Hierarquização das melhores alternativas, por comparação 2 a 2 (Barramentos Propostos)	40 min
4º Bloco: Soleiras vertentes	30 min
5º Bloco: Encerramento	5 min

✓ Grupo A: dia 04/08/20 (terça-feira) – das 9:00 às 11:30h
 ✓ Grupo B: dia 05/08/20 (quarta-feira) – das 14:30 às 17:00h






2

Contextualização do Trabalho

- **Contrato:**
 Ato Convocatório nº: 003/2019 – Contrato de Gestão ANA nº: 083/ANA/2017
 Contrato de Prestação de Serviços nº: 004/2019
- **Objetivos do Estudo:**
 Análise e **proposta de melhor alternativa de Incremento da Oferta Hídrica** na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, considerando **ações de regularização e transposição de vazões entre bacias**, apresentadas em seu Plano de Recursos Hídricos (PRH-VERDE GRANDE)
- **Prazos:**
 Ordem de Serviço: 12/08/2019
 Término do Contrato: 12/12/2020

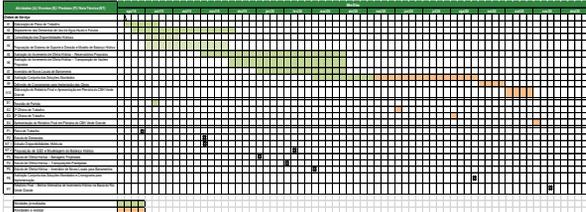





3

Contextualização do Trabalho

• **Cronograma de Trabalho:**



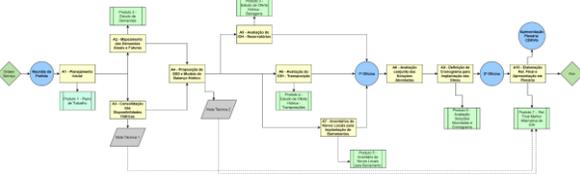





4

Contextualização do Trabalho

• **Fluxograma de Trabalho (configuração original)**



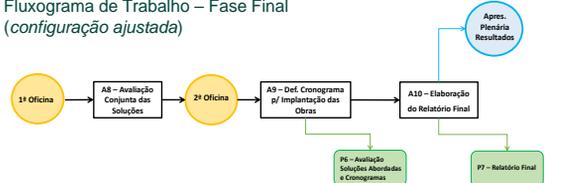





5

Contextualização do Trabalho

Fluxograma de Trabalho – Fase Final (configuração ajustada)








6

Objetivo da 2ª Oficina

- Validar as alternativas de incremento de oferta hídrica e consolidar a priorização configurada neste estágio dos estudos.



- Seleção**
- Barramentos Propostos / Inventário / Transposições
- Hierarquização**
- Barramentos Propostos / Inventário / Transposições

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



7

Alternativas estudadas

- Barramentos propostos no PRH – Verde Grande**
 - 14 alternativas (Atividade A5, Produto 3)
- Transposições Propostas no PRH – Verde Grande**
 - 02 alternativas (Atividade A6, Produto 4)
- Inventário de novos locais para barramentos**
 - 13 alternativas (Atividade A7, Produto 5)
 - Margem esquerda do Verde Grande
 - Margem Direita do Gorutuba

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



8

Relato da 1ª Oficina

Relato da 1ª Oficina

Temas, participantes e decisão.

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



9

1ª Oficina: Determinação dos Ponderadores

Questionários

Serão 19 perguntas reunidas em 3 conjuntos:

- ✓ 10 perguntas entre as Naturezas – Barramentos
- ✓ 3 perguntas entre Naturezas – Transposições
- ✓ 6 perguntas entre Indicadores - Barramentos

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



10

Relato (memória) das Oficinas

GRUPO A – 08/06/2020 – 14h

- Temas debate:
 - Volumes e garantias (permanência) dos barramentos
 - Geotecnia (verificação em campo)
 - Diferenças na hidrologia (disponibilidade hídrica), em relação ao PRH
 - Soleiras vertentes no VG (evaporação e carte)
 - Eficiência no uso da água
 - Sistema Congonhas – Jramento

P1	C
P2	C
P3	B
P4	B
P5	D
P6	B
P7	C
P8	B
P9	C
P10	C/D

P11	C
P12	D/D
P13	C
P14	B
P15	C
P16	C/D
P17	B
P18	B
P19	C

- 21 participantes (sendo 9: APV + ANA + PROFILL)

RESULTADOS

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



11

Relato (memória) das Oficinas

GRUPO B – 09/06/2020 – 08:30h

- Temas debate:
 - Carste, compartilhamento com CPRM
 - Revitalização VG
 - Unidades medida – indicadores
 - Desapropriação

P1	B
P2	C
P3	C
P4	D
P5	D
P6	D
P7	E
P8	C
P9	C
P10	C

P11	D
P12	D
P13	B
P14	B
P15	C
P16	C
P17	C
P18	D
P19	D

- 16 participantes (sendo 6: APV + ANA + PROFILL)

RESULTADOS

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



12

Relato (memória) das Oficinas

• GRUPO C – 10/06/2020 – 08:30h

- Temas debate:
 - Barramento no Gorutuba (montante D/G)
 - Informação hidrológicas nos locais de barramentos
 - Carste e "fuga d'água dos reservatórios"
 - Vazão transposição Jabba e demanda projeto
 - Barramentos na calha do VG e Soleiras
 - Áreas fêteis a serem alagadas
 - Captação SFco para MOC
 - Vazão sistema Congonhas - Jramento
- 20 participantes (sendo 6: APV + ANA + PROFILL)

P1	A/B	P11	D
P2	C	P12	D
P3	A/B	P13	C
P4	C	P14	B
P5	D	P15	B
P6	C	P16	D
P7	C/D	P17	B
P8	C	P18	B
P9	B	P19	E
P10	D		

RESULTADOS

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



13

Consolidação dos resultados da 1ª Oficina

• Dois métodos

- Compilação dos votos, dos três grupos, numa única "votação"
- Comparável a um único evento, com todos os participantes dos três grupos reunidos e debatendo.

- Média dos três eventos: pesos decorrentes de cada oficina foram calculados, e obtido o valor médio.
- Comparável a um único evento, onde cada grupo seria equivalente a um voto.

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



15

Consolidação dos resultados da 1ª Oficina

INDICADOR	Grupo A		Grupo B		Grupo C	
	PESO	PESO	PESO	PESO	PESO	PESO
Técnica	25%	19%	28%			
Financeira	20%	10%	13%			
Social	25%	21%	25%			
Ambiental	12%	21%	14%			
Segurança	18%	28%	21%			
Incremento hídrico	G1	42%	42%	48%		
Área alagada para incremento hídrico	G2	23%	26%	19%		
Volumes para incremento hídrico	G3	35%	32%	33%		
Custo incremento hídrico	2.1	67%	50%	67%		
Custo volume acumulado	2.2	33%	50%	33%		
Aterramento de demandas	3.1	67%	33%	67%		
Impactos na área alagada	3.2	33%	67%	33%		
Equivalente físico	5.1	50%	33%	25%		
Equivalente dano potencial associado	5.2	50%	67%	75%		
Custo da água transposta	Financeira	30%	19%	20%		
Abrangência dos benefícios	Social	33%	48%	40%		
Incremento hídrico nos PCs	Técnica	37%	33%	40%		

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



16

Determinação do Desempenho Global

O desempenho final ou global da intervenção é determinado por uma equação deste tipo:

- Ponderando as naturezas dos indicadores:

$$DesempenhoGlobal = Peso_{soc} \times Indicador_{soc} + Peso_{tec} \times Indicador_{tec} + Peso_{amb} \times Indicador_{amb} + \dots$$

- Dentro de cada natureza, ponderando os indicadores, será feito algo semelhante, multiplicando-se cada resultado de indicador, pelo seu peso relativo, obtido na oficina.

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



17

Determinação do Desempenho Global

RÉGUA INDICADORES TÉCNICOS - BARRAGENS AS	Área Alag. / Qinc95		Vol. Acum. / Qinc95		Vol. Mac. / Qinc95		Qinc95 / Qnat		Vol. Acum. / Área Alag.		Vol. Acum. / Vol. Mac.	
	Qinc95	Qinc95	Qinc95	Qinc95	Qinc95	Qinc95	Qinc95	Qnat	Vol. Acum.	Vol. Mac.	Vol. Acum.	Vol. Mac.
Peixe	31	37	47	41	56	64	64	31				
Sítio	31	30	30	57	73	31						
Pedras	56	84	99	96	49	32	33					
Prata	34	82	82	79	51	78	31					
Verde	63	66	84	81	30	43	31					
Canoas	43	80	92	93	46	44	33					
Cerrado	30	83	80	95	51	87	38					
Tábua	40	97	100	77	44	62	30					
Sucupara	46	100	100	99	30	91	39					
Água Limpa	55	95	95	99	32	87	49					
Cocos	46	62	90	100	100	30	100					
Sítio Novo	83	56	65	87	91	62	34					
Mamonás	45	61	80	99	100	45	73					
São Domingos	100	69	55	81	100	100	34					

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



19

Determinação do Desempenho Global

RÉGUA INDICADORES FINANCEIROS - BARRAGENS AS	Custo/Qinc95		Custo/Vol Acum	
	Custo/Qinc95	Custo/Vol Acum	Custo/Qinc95	Custo/Vol Acum
Peixe	42	77		
Sítio	30	79		
Pedras	100	95		
Prata	83	84		
Verde	85	84		
Canoas	97	95		
Cerrado	38	40		
Tábua	80	30		
Sucupara	86	50		
Água Limpa	91	79		
Cocos	99	100		
Sítio Novo	90	98		
Mamonás	92	95		
São Domingos	84	97		

RÉGUA INDICADORES SOCIAIS - BARRAGENS AS	Atend Demandas		Impactos A Alag	
	Atend Demandas	Impactos A Alag	Atend Demandas	Impactos A Alag
Peixe	55	65		
Sítio	55	65		
Pedras	55	65		
Prata	55	65		
Verde	55	30		
Canoas	55	65		
Cerrado	55	30		
Tábua	55	30		
Sucupara	80	100		
Água Limpa	80	100		
Cocos	55	30		
Sítio Novo	55	65		
Mamonás	100	30		
São Domingos	100	65		

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



20

Determinação do Desempenho Global

RÉGUA INDICADOR AMBIENTAL - BARRAG		RÉGUA INDICADORES SEGURANÇA - BARRAGENS AS		
	Sup Vegetal	Risco	DFA	
Peixe	65	30	30	
Sítio	65	30	30	
Pedras	65	100	30	
Prata	65	65	30	
Verde	65	65	30	
Canoa	65	100	65	
Cerrado	30	65	30	
Tábua	65	65	30	
Suquapara	30	65	100	
Água Limpa	65	65	100	
Cocos	65	100	30	
Sítio Novo	100	65	65	
Mamonas	65	30	65	
São Domingos	100	30	30	

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



21

Determinação do Desempenho Global

Síntese dos Indicadores Técnicos, Financeiros, Sociais, Ambientais e de Segurança

Barragem	Indicadores Positivos					Global
	Técnicos	Financeiros	Sociais	Ambientais	Segurança	
Peixe	0	0	0	0	0	0
Sítio	0	0	0	0	0	0
Pedras	4	2	0	0	1	7
Prata	1	0	0	0	0	1
Verde	1	0	0	0	0	1
Canoa	2	1	0	0	1	4
Cerrado	4	0	0	0	0	4
Tábua	2	0	0	0	0	2
Suquapara	5	0	2	0	1	8
Água Limpa	6	1	2	0	1	10
Cocos	4	2	0	0	0	7
Sítio Novo	2	2	0	1	0	5
Mamonas	3	2	1	0	0	6
São Domingos	3	1	1	1	0	6

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



22

Resultado das Oficinas

Score Geral - Barragens: Comparação		Score Geral - Barragens: Média 3 Of	
Barragem	EG	Barragem	EG
Água Limpa	87,31	Água Limpa	83,20
São Domingos	80,15	Suquapara	79,86
Suquapara	79,37	Sítio Novo	74,88
Sítio Novo	78,06	Canoa	73,55
Mamonas	76,24	São Domingos	73,40
Canoa	75,81	Pedras	70,31
Pedras	73,95	Mamonas	69,32
Cocos	73,38	Cocos	69,27
Prata	68,22	Prata	64,61
Tábua	62,72	Tábua	58,87
Verde	61,99	Verde	57,89
Peixe	52,41	Peixe	50,94
Verde	52,00	Verde	50,28
Sítio	51,31	Sítio	48,44

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



23

Resultado das Oficinas

Score Geral Transposições A6: Somatório Votos

Transposição	Pond	ifinanc	Pond	Itec	Pond	Isoc	EG
Congonhas-Juramento	0,20	80,00	0,40	92,00	0,40	65,00	78,80
Jaliba	0,20	100,00	0,40	100,00	0,40	65,00	86,00

Score Geral Transposições A6: Média 3 Eventos

Transposição	Pond	ifinanc	Pond	Itec	Pond	Isoc	EG
Congonhas-Juramento	0,23	80,00	0,40	92,00	0,37	65,00	79,25
Jaliba	0,23	100,00	0,40	100,00	0,37	65,00	87,05

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



24

Resultado das Oficinas

Matriz de Indicadores de Desempenho (MID) - Barragens

Barragem	Peixe	Sítio	Pedras	Prata	Verde	Canoa	Cerrado	Tábua	Suquapara	Água Limpa	Cocos	Sítio Novo	Mamonas	São Domingos
Peixe	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
Sítio	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
Pedras	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
Prata	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
Verde	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
Canoa	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
Cerrado	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
Tábua	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
Suquapara	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
Água Limpa	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
Cocos	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
Sítio Novo	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
Mamonas	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
São Domingos	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



25

Resultado das Oficinas

Seleção	Somatório Votos (Compilação)	Méd. 3 Eventos	Obs.:	
Barragens A5	Água Limpa	Água Limpa	Seleção muito similar, com alteração de ordenamento	
	São Domingos	Suquapara		
	Suquapara	Sítio Novo		
	Sítio Novo	Canoa/São Domingos		
Transposição A6	Jaliba	Jaliba	Seleção e ordenamento idênticos	
	Congonhas-Juramento	Congonhas-Juramento		
Inventário A7	MEVG	Córrego Vereda	Córrego Vereda	Seleção e ordenamento idênticos
		Arapaim	Arapaim	
	MDBG	Córrego São Vicente	Córrego São Vicente	Seleção e ordenamento idênticos
		Riacho Piranhas	Riacho Piranhas	
		Rio Serra Branca	Rio Serra Branca	
	Córrego Boqueirão do Encantado	Córrego Boqueirão do Encantado		

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



26

2ª Oficina

Hierarquização

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



27

Hierarquização

Seleção e hierarquização das melhores alternativas (Barramentos propostos – A5):

- Dinâmica participativa para definição da hierarquização (priorização) das melhores alternativas (04 com mais alta pontuação): tipo **comparação 2 a 2**.
 - Resultado:** alteração do ordenamento das melhores soluções
 - Critério:** pontos fortes e comparações contextuais para seleção: avaliação qualitativa; critério locacional; atendimento à demandas reais (balanço hídrico).
- Importante sair da Oficina com as barragens selecionadas.
- Ao final do contrato, serão indicadas estratégias para implementação.

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



28

Hierarquização

Barragem	Q Incr 95 [m³/s]	Área Alag. / Q Incr [km²/m³/s]	Vol. Acum. / Q Incr [hm³/m³/s]	Indicadores Técnicos			
				Vol. Máx. / Q Incr [hm³/m³/s]	Q Incr / Q Incr [m³/s/m³/s]	Vol. Acum. / Área Alag. [hm³/km²]	Vol. Máx. / Vol. Máx. [m³/m³]
Condição do Indicador	Menor / Melhor	Menor / Melhor	Menor / Melhor	Menor / Melhor	Menor / Melhor	Menor / Melhor	Menor / Melhor
Suçupara	0.177	222	24	0,2	1,54	100	100
Água Limpa	0.298	342	26,1	0,3	1,75	103,3	211,9
Sítio Novo	0.456	1.404	105,2	2	8,44	75	52,1
São Domingos	0.58	1.068	127,2	2,4	57,569	119,4	44,9

Barragem	Indicadores Financeiros		Indicadores Sociais		Ambiental		Indicadores de Segurança	
	Custo / Q Incr 95 [R\$ / m³/s]	Custo / Vol. Acum. [R\$ / m³]	Adequamento Demanda	Impactos na Área Alagada	Supressão de Área Vegetada	Equiparante Risco	Equiparante DPA	
Condição do Indicador	Menor / Melhor	Menor / Melhor	Positivo: Alta e Médio: Zero	Positivo: Baixo	Alto Impacto	Médio	Baixo	
Suçupara	301,5	12,58	Alta Demanda	Baixo	Alto Impacto	Médio	Baixo	
Água Limpa	221,83	0,25	Muito Alta Demanda	Muito	Muito Impacto	Médio	Muito	
Sítio Novo	232,75	2,21	Muito Alta Demanda	Muito	Baixo Impacto	Médio	Muito	
São Domingos	321,38	2,53	Muito Alta Demanda	Médio	Baixo Impacto	Alto	Alto	

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



29

Hierarquização

Seleção e hierarquização das melhores alternativas (Barramentos propostos – A5):

- Água Limpa é considerado, pelo seu desempenho comparativo, como o melhor barramento, assumindo a primeira posição;
- Os demais, serão hierarquizados, mediante procedimento comparativo 2 a 2:
 - Suçupara, Sítio Novo e São Domingos.

Suçupara X São Domingos

Suçupara X Sítio Novo

Sítio Novo X São Domingos

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



30

Hierarquização

Suçupara X São Domingos

Suçupara = 8 X São Domingos = 6

Barragem	Q Incr 95 [m³/s]	Área Alag. / Q Incr [km²/m³/s]	Vol. Acum. / Q Incr [hm³/m³/s]	Vol. Máx. / Q Incr [hm³/m³/s]	Q Incr / Q Incr [m³/s/m³/s]	Vol. Acum. / Área Alag. [hm³/km²]	Vol. Máx. / Vol. Máx. [m³/m³]
Suçupara	0.177	222	24	0,2	1,54	100	100
São Domingos	0.58	1.068	127,2	2,4	57,569	119,4	44,9

Barragem	Indicadores Financeiros		Indicadores Sociais		Ambiental		Indicadores de Segurança	
	Custo / Q Incr 95 [R\$ / m³/s]	Custo / Vol. Acum. [R\$ / m³]	Adequamento Demanda	Impactos na Área Alagada	Supressão de Área Vegetada	Equiparante Risco	Equiparante DPA	
Condição do Indicador	Menor / Melhor	Menor / Melhor	Positivo: Alta e Médio: Zero	Positivo: Baixo	Alto Impacto	Médio	Baixo	
Suçupara	301,5	12,58	Alta Demanda	Baixo	Alto Impacto	Médio	Baixo	
São Domingos	321,38	2,53	Muito Alta Demanda	Muito	Baixo Impacto	Alto	Alto	

Seleção e hierarquização das melhores alternativas (Barramentos propostos – A5):

- Suçupara é melhor que São Domingos.

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



31

Hierarquização

Suçupara X Sítio Novo

Suçupara = 9 X Sítio Novo = 6

Barragem	Q Incr 95 [m³/s]	Área Alag. / Q Incr [km²/m³/s]	Vol. Acum. / Q Incr [hm³/m³/s]	Vol. Máx. / Q Incr [hm³/m³/s]	Q Incr / Q Incr [m³/s/m³/s]	Vol. Acum. / Área Alag. [hm³/km²]	Vol. Máx. / Vol. Máx. [m³/m³]
Suçupara	0.177	222	24	0,2	1,54	100	100
Sítio Novo	0.456	1.404	105,2	2	8,44	75	52,1

Barragem	Indicadores Financeiros		Indicadores Sociais		Ambiental		Indicadores de Segurança	
	Custo / Q Incr 95 [R\$ / m³/s]	Custo / Vol. Acum. [R\$ / m³]	Adequamento Demanda	Impactos na Área Alagada	Supressão de Área Vegetada	Equiparante Risco	Equiparante DPA	
Condição do Indicador	Menor / Melhor	Menor / Melhor	Positivo: Alta e Médio: Zero	Positivo: Baixo	Alto Impacto	Médio	Baixo	
Suçupara	301,5	12,58	Alta Demanda	Baixo	Alto Impacto	Médio	Baixo	
Sítio Novo	232,75	2,21	Muito Alta Demanda	Muito	Baixo Impacto	Médio	Muito	

Seleção e hierarquização das melhores alternativas (Barramentos propostos – A5):

- Suçupara é melhor que Sítio Novo.

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



32

Hierarquização

Sítio Novo X São Domingos		Sítio Novo = 9 X São Domingos = 7					
Barragem	Indicadores Técnicos						
	Q Incr 95 (m³/s)	Área Alag. / Q Incr (ha/m³/s)	Vol. Acum. / Q Incr (horas/m³/s)	Vol. Máx. / Q Incr (horas/m³/s)	Q Incr / Q Méd. (horas/m³/s)	Vol. Acum. / Área Alag. (horas/m³/s)	Vol. Máx. / Vol. Méd. (horas/m³/s)
Condição do Indicador	Maior / Melhor	Menor / Melhor	Menor / Melhor	Menor / Melhor	Maior / Melhor	Maior / Melhor	Maior / Melhor
Sítio Novo	0,456	1,404	105,2	2,2	6,44	76	52,1
São Domingos	0,58	1,088	127,2	2,21	67,999	113,4	45,9
Barragem	Indicadores Financeiros		Indicadores Sociais		Ambiental		Indicadores de Segurança
	Custo / Q Incr 95 (R\$/m³/s)	Custo / Vol. Acum. (R\$/m³)	Atendimento Demandas	Impacto na Área Alagada	Exposição de Área Vegetada	Espalhamento Risco	Hierarquização OPA
Condição do Indicador	Menor / Melhor	Menor / Melhor	Preferido Alto e Muito Alto	Preferido Baixo	Baixo Impacto	Médio	Médio
Sítio Novo	392,19	2,31	Muito Alta Demanda	Médio	Baixo Impacto	Médio	Médio
São Domingos	371,38	2,53	Muito Alta Demanda	Médio	Baixo Impacto	Alto	Alto

Seleção e hierarquização das melhores alternativas (Barramentos propostos – A5):

- Sítio Novo é melhor que São Domingos.



33

Hierarquização

Seleção e hierarquização das melhores alternativas (Barramentos propostos – A5):

1. Água Limpa
 - é considerado, pelo seu desempenho comparativo, como o melhor barramento, assumindo a primeira posição;
2. Suçupara,
3. Sítio Novo e
4. São Domingos.



34

Hierarquização

Critério Adicionais para hierarquização (Barramentos propostos – A5):

- Localização
 - Busca distribuir espacialmente as regularizações de vazões para "espalhar" os benefícios
- Atendimento as Demandas
 - Avalia se a barragem está atendendo demandas elevadas (utilizando o mapa do estudo de demandas – Produto 2)

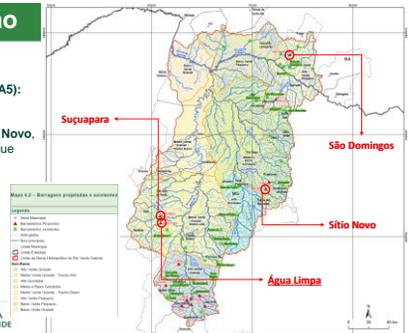


35

Hierarquização

Critério Adicionais para hierarquização (Barramentos propostos – A5):

- Localização
 - São Domingos e Sítio Novo, são mais estratégicos que Suçupara.
2. São Domingos
 3. Sítio Novo
 4. Suçupara

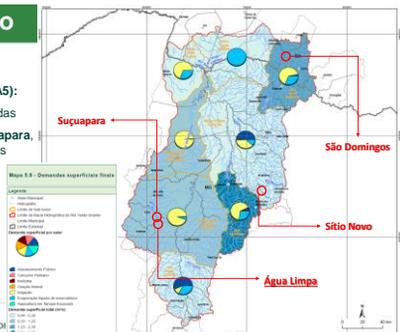


36

Hierarquização

Critério Adicionais para hierarquização (Barramentos propostos – A5):

- Atendimento as Demandas
 - São Domingos e Suçupara, atendem mais demandas que Sítio Novo.
2. São Domingos
 3. Suçupara
 4. Sítio Novo



37

Hierarquização

Seleção e hierarquização das melhores alternativas (Barramentos propostos – A5):

- Água Limpa
 - é considerado, pelo seu desempenho comparativo, como o melhor barramento, assumindo a primeira posição;
 - Hierarquização, mediante procedimento critérios adicionais
2. São Domingos
 3. Sítio Novo e
 4. Suçupara.



38

Hierarquização

Debates Grupo A

A - Comp 2 x 2

1. Água Limpa
2. Suçupara
3. Sítio Novo
4. São Domingos

B - Loc / Demada

1. Água Limpa
2. São Domingos
3. Suçupara
4. Sítio Novo

C - Discussão

1. Água Limpa
2. São Domingos
3. Sítio Novo
4. Suçupara

D – Estados

1. Água Limpa
2. Sítio Novo
3. São Domingos
4. Suçupara



INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



39

Hierarquização

Final – Grupo A

1. Água Limpa
2. Sítio Novo
3. São Domingos
4. Suçupara



INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



40

Hierarquização

Debates Grupo B

A

1. Água Limpa
2. Suçupara
3. Sítio Novo
4. São Domingos

B

1. Água Limpa
2. São Domingos
3. Sítio Novo
4. Suçupara

C

1. Água Limpa
2. Sítio Novo
3. São Domingos
4. Suçupara



INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



41

Hierarquização

Final – Grupo B

1. Água Limpa
2. São Domingos
3. Sítio Novo
4. Suçupara



INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



42

Soleiras Vertentes

Análise Técnica Preliminar

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



43

Soleiras Vertentes – Análise Técnica

• Nota Técnica nº 10/2018 (ANA):

- Baixo nível de regularização dessas estruturas (ausência de licença/outorga);
- Problemas ambientais associados ao impedimento da piracema;
- Condiciona a execução dessas estruturas à realização de estudos técnicos submetidos à ANA e aos órgãos ambientais competentes;
- Determinadas estruturas destinadas a aumentar a garantia ao abastecimento público devem ser analisadas, desde que localizadas estrategicamente e como potenciais pontos de controle de vazões, em seções de interesse para a gestão, e desde que devidamente equipadas para operação controlada; e
- Necessidade de haver fluxo ao longo do rio, possibilitando a gestão das suas águas através de controles em determinadas seções de interesse.

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



44

Soleiras Vertentes – Análise Técnica

ANA



 RESOLUÇÃO CONJUNTA ANA/SEMAD-MG/IGAM-MG Nº 52, DE 26 DE JULHO DE 2018
 Documento nº 00000.046594/2018-32

Dispõe sobre condições de uso dos recursos hídricos no sistema hídrico Verde Grande e dá outras providências.

Art. 8º Barramentos no leito do rio Verde Grande não serão outorgados.

§1º Não se enquadrará na restrição definida no caput deste artigo os barramentos para reservatórios com finalidade outorgada para abastecimento público ou que tenham projeto que comprove aumento ou manutenção da disponibilidade hídrica em cada subsistema, mediante avaliação pela ANA, em articulação com a SEMAD/MG.

§2º Barramentos outorgados, em cujo reservatório não tenha sido instalado o uso para a finalidade de abastecimento público, deverão manter vazão defluente igual à vazão afluente em qualquer período do ano, ressalvados os casos em que houver outorga para captação de água no reservatório outorgado.

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE

PROFILL   ANA  

45

Soleiras Vertentes – Análise Técnica

A presente análise possibilita o avanço no conhecimento técnico, com vistas a dirimir dúvidas atuais sobre a eficiência e funcionalidade das estruturas, bem como identificar benefícios ou compensações ainda não vislumbradas para essas estruturas, no âmbito da gestão das águas na bacia do rio Verde Grande.

No entanto, deve ficar claro que não se trata especificamente do estudo referido na Nota Técnica, de natureza mais detalhada e ampla e, por decorrência, incompatível com o prazo, o escopo e o valor do presente contrato.

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE

PROFILL   ANA  

46

Soleiras Vertentes – Análise Técnica

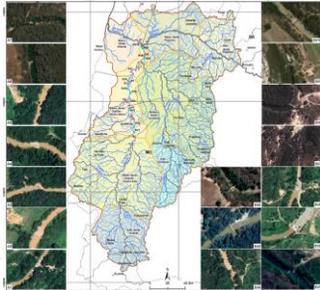
Pesquisa ao longo da calha do rio Verde Grande

Desde a confluência do rio Quem-Quem até a sua foz no São Francisco



**10 soleiras (identificadas na Nota Técnica)
 + 7 "novas" estruturas hidráulicas**

Elevado grau de irregularidade (sem a devida autorização do poder público, mediante emissão de outorga e licenciamento ambiental)



INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE

47

Soleiras Vertentes – Análise Técnica

Observa-se que:

- Há limitada acumulação de água a montante de cada estrutura, o que limita, por consequência, a sua capacidade de regularização de vazões.
- Sendo estruturas de concreto, devem estar assentes sobre substrato rochoso.
- O rio Verde Grande corre ao longo de linhas de fraturamento sobre o substrato rochoso calcário, que se caracteriza por ser não-estranque.

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE

PROFILL   ANA  

48

Soleiras Vertentes – Análise Técnica

- A PROFILL está desenvolvendo estudo específico com o objetivo de melhor caracterizar o comportamento da interação entre as águas superficiais e subterrâneas na bacia do rio Verde Grande, com maior atenção para a calha do rio entre a confluência do rio Quem-Quem e a confluência do rio Verde Pequeno.
- Mapeamento com vistas a configurar as profundidades dos níveis de água dos aquíferos na bacia, permitindo verificar situações de perdas de água subterrâneas.
- Essa interação entre as águas superficiais e subterrâneas determina o regime de afluições e efluências (surgências e insurgências), que impactam diretamente no comportamento do regime fluvial do rio Verde Grande.
- Pode indicar onde haverá maior probabilidade de haver perda de água do superficial para o subterrâneo e vice-versa.
- Orientador para a localização de futuras estruturas hidráulicas ao longo da calha do rio Verde Grande, com vistas a minimizar problemas de perda de água para o subterrâneo.

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE

PROFILL   ANA  

49

Soleiras Vertentes – Análise Técnica

Após a 1ª Oficina, em 17/07/20, foram disponibilizados pela CPRM os arquivos digitais com informações sobre o mapeamento geológico que está sendo realizado na bacia do Verde Grande (estudo de iniciativa da ANA).

Este material está sendo analisado e será analisado comparativamente com o mapeamento que a PROFILL está elaborando para a calha do rio Verde Grande e que objetiva identificar a ocorrência de áreas com maior potencial de efluências de água.

Os resultados dessa análise comparativa serão apresentados na conclusão deste estudo, junto com a apresentação final do IOH na plenária do Comitê Verde Grande.

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE

PROFILL   ANA  

50

Encaminhamentos decorrentes da 1ª Oficina

Transposição São Francisco – Montes Claros (COPASA)

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (I0H) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



51

Transposição São Francisco – Montes Claros

Sistema Ibiaí - Montes Claros

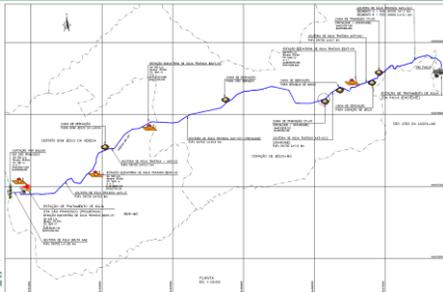
- Fonte: Roberto Botelho (COPASA – gestor do Projeto)
- Custo energia:
 - **0,36 R\$/m³** (sem considerar amortização do custo de implantação e os custos de operação e manutenção).
 - Para Congonhas - Juramento (custo da energia): **0,12 R\$/m³**.
- Conclusão:
 - **Caráter emergencial** do Sistema que a COPASA está implantando;
 - Não sendo "sustentável" financeiramente no longo prazo (em comparação com as demais transposições estudadas).

INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (I0H) NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



52

Transposição SFco – Montes Claros: Sistema Ibiaí - Montes Claros



INCREMENTO D BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



53

Muito Obrigado!

Profíll Engenharia e Ambiente Ltda.
Avenida Iguoçu, 451/601 – Petrópolis
Porto Alegre/RS

(51) 3311-3944
profill@profill.com.br
slovei.agro@profill.com.br
henriquebotelho@gmail.com
carlos@profill.com.br

www.profill.com.br



54

	MEMÓRIA DE REUNIÃO	
	2ª Oficina de Trabalho	
ESTUDO DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

Memória da Oficina – GRUPO A – 04/08/2020 – 09h

O Primeiro dia da 2ª Oficina do Estudo de Incremento da Oferta Hídrica na Bacia do Rio Verde Grande, com a participação do Grupo A, iniciou com a fala do Sidnei Agra, representante da PROFILL, apresentando o objetivo geral deste evento. Na sequência, foi iniciada a apresentação dos participantes, os quais informaram seu nome e instituição que representam. Terminada a apresentação, a Sra. Jacqueline Fonseca, representante da Agência Peixe Vivo e fiscal do contrato, complementou informando a importância deste estudo para a bacia.

Terminadas as falas iniciais, Sidnei, representante da PROFILL, iniciou a apresentação em *Power Point*, sendo informada a programação do evento e a contextualização dos trabalhos que vem sendo desenvolvido no âmbito do Contrato (Ato Convocatório nº: 003/2019 – Contrato de Gestão ANA nº: 083/ANA/2017), além de fazer um relato da 1ª Oficina do Estudo de Incremento da Oferta Hídrica na Bacia do Rio Verde Grande, dividida em três grupos em A, B e C, sendo realizadas nos dias 8, 9 e 10 de junho de 2020, respectivamente. Posteriormente, foi aberto para dúvidas referente ao apresentado até o momento:

- *Maria do Socorro (Sindicato Rural de Montes Claros): Em relação aos estudos da CPRM, os fluxos que se apresentam influenciam nessa escolha, nessa hierarquização, ou na viabilidade desses barramentos e da transposição Jaíba? Outra pergunta, como reflexão, muitos pensam que o São Francisco precisa de aporte, por tudo que ele é utilizado, seria viável tecnicamente a médio e longo prazo, fazer captação ou alternativas de aporte de recursos de outras fontes, por exemplo Congonhas. A representante do Sindicato Rural de Montes Claros solicitou uma resposta técnica, de olhar global, para PROFILL, para Leonardo, representante da Agência Peixe Vivo, e para Flávio, representante da ANA.*

Sidnei respondeu sobre o estudo da CPRM, o qual está sendo analisado ainda, porém estará concluído no produto 6. No entanto,

	MEMÓRIA DE REUNIÃO	
	2ª Oficina de Trabalho	
ESTUDO DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

ressalta que os estudos da CPRM, desta etapa, não estão debruçados nesta área, por isso não muda, talvez seja útil para reavaliar as soleiras vertentes, onde temos a maior expectativa de usá-lo. A análise preliminar feita pela PROFILL, assim como o mapa hidrogeológico, será comparado com as informações que a CPRM disponibilizou, para analisar se as soleiras sofrem diferença significativa ou não. O representante da PROFILL complementou a questão do São Francisco, abordando também que Jaíba é uma outorga consolidada, e então estaria disponível para o Verde Grande, e outra alternativa que recebemos na 1ª Oficina foi mostrado no final desta 2ª Oficina. Leonardo deu continuidade na questão onde afirma que a localização da área de estudo, realmente, não deve influenciar. A princípio é um estudo mais localizado na questão da própria calha do Verde Grande, então deve ter uma influência no sentido das soleiras, ou seja, depois de discutir informações com a CPRM foi na linha da influência da água superficial na água subterrânea, nessa interrelação entre as duas. Quanto a questão São Francisco e Jaíba, e Congonhas e Juramento são bacias críticas e de escassez. Percebe-se que se propõe a retirada de água de uma bacia deficitária para outra. Contudo, no caso do Jaíba já existe a outorga de uso da água. Em relação ao São Francisco grandes captações poderão afetar outras áreas, porém é um impacto já mensurado. Leonardo ainda argumenta os motivos os quais levaram a melhor colocação do sistema Jaíba. Em complemento Flávio, representante da ANA, menciona que Congonhas e Juramento, a barragem, é uma intervenção sinalizada no Plano Nacional de Segurança Hídrica, e em relação a Jaíba abordou que será utilizado um excedente de água em torno de 4,5m³/s e, obviamente que outras intervenções no São Francisco carecem de novos estudos. Por fim, Flávio comentou sobre as novas propostas apresentadas, brevemente. Em resposta a Flávio,

Elaborado por:	Nº da revisão:	Código do Documento:	
	00	Memória da 2ª Oficina_GRUPO_A	2/8

	MEMÓRIA DE REUNIÃO	
	2ª Oficina de Trabalho	
ESTUDO DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

Sidnei menciona que em relação ao último tema, foi um assunto trazido pela COPASA na última reunião.

- *Paulo Bina (Lote 951ª - Faz. Esperança): Serão barragens de 40.000m³ ou de qualquer tamanho?*

Os representantes da PROFILL, Sidnei e Henrique, confirmam que os volumes das barragens são maiores.

- *Paulo Bina (Lote 951ª - Faz. Esperança): A transposição do Jaíba foi calculada até Verdelândia ou Janaúba?*

Henrique respondeu que na verdade é uma obra linear dividida em três etapas sequenciais de canais, sendo que a cada ponto há um desague para reforço da vazão do verde grande. O primeiro ponto sobe paralelo ao verde grande, onde desague em Jaíba avançando a montante até o segundo ponto de desague em Verdelândia, o qual ocorre uma bifurcação um ramal para Janaúba, e outro que vai subindo na margem direita do verde grande.

- *Saulo (Irrigante): A margem esquerda do Verde Grande, foi avaliado o Córrego Macaúbas?*

Sidnei responde que sim, foram seis córregos estudados, onde Macaúba fica empatado em 4º, junto com o Salobro.

- *Wesley Mota França (IGAM): Orientou fazer contato com a diretoria de regularização para verificar sobre o estudo sobre áreas de carste, realizado pelo IGAM.*

Os representantes da PROFILL, retomaram a questão da transposição São Francisco para abastecimento de Monte Claros, que é o Sistema Ibiaí, apresentando a importância deste sistema, mesmo não sendo “sustentável” financeiramente no longo prazo, em comparação com as demais transposições estudadas. Com a palavra, o representante Rômulo, do Sindicato Rural dos

	MEMÓRIA DE REUNIÃO	
	2ª Oficina de Trabalho	
ESTUDO DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

Produtores Rurais de Montes Claros, complementa dizendo que apesar do custo ser elevado, a ideia é ter uma forma dinâmica de gerenciar os recursos hídricos dentro dos limites da outorga, mas também com foco no custo energético.

- *Paulo Bina (Lote 951ª - Faz. Esperança): Complementando que as barragens do Salobro não têm saída de fundo, então a água não volta para o Verde Grande e a de Verdelândia está com sua saída fechada há anos.*

Henrique deu continuidade a apresentação, se atendo às questões técnicas, referentes aos resultados alcançados até o momento para consolidar uma Hierarquização das melhores alternativas.

Finalizada a apresentação técnica, foi aberto o momento para responder perguntas referentes ao material apresentado até o momento:

- *Maria do Socorro (Sindicato Rural de Montes Claros): Um outro elemento para discussão: Minas Gerais (maior parte da bacia: 27 municípios; Bahia: 8 municípios). Não poderia pensar em 2 reservatórios em Minas Gerais e um na Bahia? Outra questão, o estudo considerou as ações pertinentes a São Domingos no período entre a elaboração do Plano 2010/2011 e 2020? Neste período houve alguns questionamentos sobre a viabilidade de São Domingos?*

Henrique respondeu que no estudo da CODEVASF o reservatório de São Domingos não foi viabilizado, pois o mesmo começou a ser estudado como apoio de reforço do sistema Estreito, mas muito provavelmente devido ao contexto atual deverá ocorrer essa discussão.

- *Saulo (Irrigante): Sobre a análise de incremento hídrico do barramento, foi analisado a questão da localização dentro da Bacia, e potencial de benefício a jusante do barramento? O aumento de incremento do barramento irá perenizar um manancial que não é*

	MEMÓRIA DE REUNIÃO	
	2ª Oficina de Trabalho	
ESTUDO DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

perene? Ou será um volume de água que não terá muito efeito de mudança a jusante? Sidnei informou que os indicadores de vazão incremental sobre a vazão natural mostram exatamente isso, quantas vezes aumenta a vazão do rio.

- *Saulo (Irrigante): Sítio Novo vai contribuir como reforço para o Bico da Pedra, ou é outro manancial?*

Sidnei analisa que Sítio Novo não reforça o Bico da Pedra, e sim contribui a jusante. E o representante Adalberto complementa que há uma serra que divide a microbacia do Bico da Pedra.

- *Dieysson Alkmim Oliveira (DNOCS): Foi avaliada a condição do incremento hídrico (Água Limpa e Suçupara) para a bacia do Verde Grande, considerando a mesma estarem a montante da bacia?*

Sidnei informou que há ainda uma atividade que é o balanço hídrico considerando o efeito dessas obras, que estará no próximo relatório.

Para melhor esclarecimento mostrou-se no mapa que o Sítio Novo entra a jusante, e não possui nenhum barramento estudado a montante do Bico da Pedra.

- *Wesley Mota França (IGAM): Para a jusante a confluência do Rio Gorutuba com o Rio Mosquito?*

Os representantes da PROFILL, juntamente com Leonardo, informaram que é a montante do Rio Mosquito.

- *Paulo Bina (Lote 951ª - Faz. Esperança): Contribui que o ideal é manter as irrigações existentes, reforçando o critério de onde tem maior demanda deve ter prioridade.*

Na sequência foi iniciada a discussão da hierarquização, com uma votação junto aos participantes buscando um consenso, conforme as alternativas abaixo:

Elaborado por: 	Nº da revisão: 00	Código do Documento: Memória da 2ª Oficina_GRUPO_A	5/8
---	----------------------	---	-----

Hierarquização

Debates Grupo A

A - Comp 2 x 2

1. Água Limpa
2. Suçupara
3. Sítio Novo
4. São Domingos

B - Loc / Demada

1. Água Limpa
2. São Domingos
3. Suçupara
4. Sítio Novo

C - Discussão

1. Água Limpa
2. São Domingos
3. Sítio Novo
4. Suçupara

D – Estados

1. Água Limpa
2. Sítio Novo
3. São Domingos
4. Suçupara



INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



Fonte: Própria.

Cada participante informou sua resposta informando através do “chat” sua letra correspondente ou comunicando verbalmente sua resposta. Neste momento os participantes também dirimiram suas dúvidas e justificaram suas respostas quando julgaram necessário. A resposta final para cada pergunta foi informada pelo Sidnei, sendo a letra predominante em cada pergunta. O resultado das respostas predominantes é apresentado a seguir:

Alternativa	A	B	C	D
Votos	1	2	2	7

Uma vez obtidas todas as respostas, foi apresentada a tabulação dos resultados, com total de 7 votos para a alternativa D.

Hierarquização

Final – Grupo A

1. Água Limpa
2. Sítio Novo
3. São Domingos
4. Suçuapara



INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



Fonte: Própria.

Após a votação, Henrique iniciou o último tópico, onde foi apresentado a análise técnica preliminar das Soleiras Vertentes.

Com a palavra, o Srº Paulo Bina relata sua experiência, e a importância dos agricultores que são os maiores colaboradores, e que perdem com a escassez do Rio Verde. Seguido por duas perguntas feitas pelo Saulo, sobre o inventário da margem esquerda, e sobre o incremento advindo do projeto Jaíba, onde Sidnei informou que tanto o inventário da margem esquerda do Verde Grande quanto da margem direita do Ibituruna, os dois métodos usados para processar o resultado da reunião, obtiveram resultados idênticos e a mesma coisa quando compara o Jaíba com Congonhas, por isso não foi apontado na 2ª Oficina, mas mostra que as duas obras são necessárias.

E por fim, Sidnei encerrou o primeiro dia da 2ª Oficina do Estudo de Incremento da Oferta Hídrica na Bacia do Rio Verde Grande, às 11h e 50 min. A seguir é apresentada a lista de presença.

	MEMÓRIA DE REUNIÃO	
	2ª Oficina de Trabalho	
ESTUDO DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

Lista presença

Nº	Instituição	Nome	Telefone	E-mail
1	Sindicato Rural de Montes Claros	Maria Socorro M. Almeida Carvalho	(38) 98836-6876	secex.verdegrande@gmail.com
2	DNOCS	Dieyson Alkmim Oliveira	(38) 9999-3018	marcus.rangel@dnocs.gov.br
3	ANA	Tânia Regina Dias da Silva	-	taniadias@ana.gov.br
4	ANA - SPR	Flávio Hadler Tröger	-	troger@ana.gov.br
5	ONG – Amigos do Rio Verde	César Silva	(38) 99113-0383	cesarjaiba@gmail.com cesar.ambientegeografico@gmail.com
6	Produtor Rural	Rodolpho Velloso Rebello	(38) 9 9986 8991 (38) 3215 1212 (38) 3221 2884	rodolphorebello@gmail.com
7	UniGF (Bahia)	Carlos Magno	(77) 991334543 (77) 3451-8430	geoeconomia@gmail.com reitoria@centrouniversitariounifg.edu.br
8	Estâncias das Aroeiras	Ari Teodoro de Oliveira	(38) 98428-8118	ariteodoro@gmail.com
9	IGAM	Érika Soares Batista	(38) 3213-7931 (38) 99167-3096	erika.batista@meioambiente.mg.gov.br
10	Prefeitura Municipal de Glaucilândia	Rodrigo Dhryell Santos	(38) 9 9993 3067	Amb.rodriigo@gmail.com
11	IGAM	Wesley Mota França	(38) 3213 7931 (38) 9 9109 8909 (38) 9 8831 8909	Wesley.mota@meio.ambiente.mg.gov.br wmf.engenheiro@gmail.com
12	COPASA Montes Claros	Mônica Maria Ladeia	(38) 3229-5713 (38) 9 9902-1153	Monica.ladeia@copasa.com.br monicamladeia@gmail.com
13	Sindicato Rural dos Produtores Rurais de Montes Claros	Rômulo Labate	(38) 99985-0007	diretoria@propec.net
14	Lote 951A (Faz. Esperança)	Paulo Bina Fonyat de Lima	(38) 99962-2722	paulobina@hotmail.com
15	Irrigante	Saulo	(38) - 99833-3965	saulo@frutsi.com.br
16	Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais – FIEMG	Laila Tupinambá Mota	(38) 3221 0200 /9 9930 3940	lamota@fiemg.com.br laila_tupi@hotmail.com
17	CBH Verde Grande	Adalberto Santos	(38) 99127-0393	Gedig.gorutuba@yahoo.com.br
18	COPASA Porteirinha	Romulo de Souza Lima	(38) 99961-9613	-
19	Prefeitura de Espinosa	Flávio Henrique Miranda Silva	(38) 99230-2246	secretaria.agricultura.espinosa@gmail.com
20	Agência Peixe Vivo	Thiago Campos	-	thiago.campos@agenciapeixevivo.org.br
21	Agência Peixe Vivo	Jacqueline Fonseca	-	jacqueline.fonseca@agenciapeixevivo.org.br
22	Agência Peixe Vivo	Leonardo Mitre	-	leomitre@hotmail.com
23	PROFILL	Sidnei Agra	-	sidnei.agra@profill.com.br
24	PROFILL	Henrique Kotzan	-	henriquekotzian@gmail.com
25	PROFILL	Tatiani Coletto	-	tatiani.coletto@profill.com.br

	MEMÓRIA DE REUNIÃO	
	2ª Oficina de Trabalho	
ESTUDO DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

Memória da Oficina – GRUPO B – 05/08/2020 – 14h

O segundo dia da 2ª Oficina do Estudo de Incremento da Oferta Hídrica na Bacia do Rio Verde Grande, com a participação do Grupo B, iniciou com a fala do Sidnei Agra, representante da PROFILL, destacando o objetivo geral deste evento. Na sequência, foi iniciada a apresentação dos participantes, os quais informaram seu nome e instituição que representam.

Terminadas as falas iniciais, Sidnei, representante da PROFILL, deu início a apresentação em *Power Point*, sendo informada a programação do evento e a contextualização dos trabalhos que vem sendo desenvolvido no âmbito do Contrato (Ato Convocatório nº: 003/2019 – Contrato de Gestão ANA nº: 083/ANA/2017), além de fazer um relato da 1ª Oficina do Estudo de Incremento da Oferta Hídrica na Bacia do Rio Verde Grande, dividida em três grupos em A, B e C, sendo realizadas nos dias 8, 9 e 10 de junho de 2020, respectivamente. Posteriormente, foi aberto para dúvidas referente ao apresentado até o momento:

- *Márcio (CPRM): Por não estar presente na primeira oficina, solicitou uma breve explicação sobre os indicadores. Qual modelo hidrológico utilizado? As estações utilizadas para calibrar, foram as da calha do Verde Grande?*

Sidnei explicou brevemente cada indicador e todos os processos utilizados no modelo hidrológico, ressaltando que cada barramento da bacia teve uma simulação, onde encontra-se documentado no Produto 3, produto relativo aos barramentos. Sobre as infiltrações, na calibração do modelo foi necessário colocar alguns sumidouros, principalmente quando chega na calha do Verde Grande. No entanto, nas vertentes não foi o caso. Após a 1ª Oficina foi enviado os estudos feitos pela CPRM, onde serão sobrepostos aos nossos barramentos, atividade esta que se encontra em andamento. O modelo utilizado foi do IPH-MGB desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Hidrológicas do Rio Grande do Sul, IPH-RS. Quanto as estações para calibrar foram

	MEMÓRIA DE REUNIÃO	
	2ª Oficina de Trabalho	
ESTUDO DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

utilizadas todas as disponíveis, na calha, nos afluentes, e estação no Gorutuba também.

Após questionamentos, Márcio abriu uma discussão, juntamente com os representantes da Profill e da Agência Peixe Vivo, de grande conhecimento quanto ao modelo regionalizado, e a importância da eficácia deste estudo.

- *Rafael Macedo Chaves (IBAMA): Opinou ser Rio Arapuim, e não Arapoim.*
- *Renato Rebello (DNOCS): Dado os problemas de infiltração no Vale do Rio Verde, foram feitas sondagens nas bacias hidráulicas dos barramentos?*

Sidnei respondeu que não, pois este estudo está em uma etapa anterior a esta de levantamentos em campo, mas serão feitos nas próximas etapas para subsidiar o projeto básico.

- *Rafael Macedo Chaves (IBAMA): Considerou barramentos como elementos de aumento de consumo, e não de preservação, evaporação, aumento de consumo pela maior disponibilidade etc.*

Sidnei afirma que já foi discutido esse tema no outro grupo, pois a formação do lago induz a instalação de demandas, além disso, podem ocorrer as formações de calcário, que podem possibilitar o aumento de infiltração, e gera um espelho d'água e assim mais evapotranspiração, podendo concentrar demandas em um determinado local, continuando a discussão nesta 2ª Oficina.

- *Priscila Camargo (DIJ): Questionou que no início dos estudos recebeu um comunicado que a equipe a encontraria a fim de esclarecer questões sobre o Jaíba, que por conta da pandemia acabou não ocorrendo. Quanto as questões de investimentos e custos da parte da transposição não foram bem detalhadas, pois*

	MEMÓRIA DE REUNIÃO	
	2ª Oficina de Trabalho	
ESTUDO DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

só foi considerado o custo do m³ variável, onde existe uma infraestrutura implantada que contém outros custos. Além disso, a relação do uso dessa água, onde a CODEVASF poderá auxiliar nessa questão, pois existe inúmeras solicitações para o uso.

Henrique informou que este estudo teve foco no aumento de incremento, comparando algumas intervenções. Mas este assunto precisará evoluir bastante, onde a PROFILL aceita qualquer informação adicional para tentar incorporar esses considerandos.

- *Raniel Bispo Sobral (EMATER): Existe um estudo hidrológico em Minas que é o Atlas Digital das Águas de Minas.*

Sidnei afirma que o próprio plano tinha um estudo hidrológico da etapa anterior, mas a principal diferença do atual trabalho para os estudos que tem disponibilidade é que eles publicam vazões de referência, e precisamos de uma série de vazões por pelo menos 30 anos.

Henrique deu continuidade a apresentação, se atendo às questões técnicas, referentes aos resultados alcançados até o momento para consolidar uma Hierarquização das melhores alternativas.

Finalizada a apresentação técnica, foi aberto o momento para responder perguntas referentes ao material apresentado até o momento:

- *Renato Rebello (DNOCS): Os barramentos nos afluentes do Rio Verde Grande têm dois fatores negativos: vão inundar as melhores terras da região, e o problema cárstico que após os estudos de sondagens poderão ser inviáveis.*
- *Edson Vieira (ICA/UFMG): Respondendo à questão do Renato, o representante do ICA/UFMG opina que essas barragens estão no cristalino, mas pede confirmação desta informação.*

	MEMÓRIA DE REUNIÃO	
	2ª Oficina de Trabalho	
ESTUDO DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

Sidnei informa que está terminando de processar a informação da CPRM para afirmar esta questão.

- *Renato Rebello (DNOCS): As centenas de poços tubulares perfurados naquela região pelo DNOCS foram sempre em rochas de natureza calcárea.*
- *Antonieta Mourão (CPRM): As barragens de Água Limpa e Suçupara estão em terrenos cársticos.*
- *Marcus Rangel (DNOCS): O item que mostra o volume acumulado/vazão incrementado pode demonstrar encostas que podem necessitar de estabilização que inviabilizaria a obra. Ressalto que em uma tese com cerca de 65 barragens no Ceará o custo médio por m³ acumulado de 0,80 U\$/m³ acumulado (cerca de R\$ 4,3/m³) em uma média sem filtros teríamos 0,88 que seria hoje cerca de R\$ 4,6/m³, então barragens com um custo de 12 não estariam muito caras.*

Sidnei afirma que de fato os estudos haviam mostrados que este incremento de água via barramento no Verde Grande era mais elevado, inclusive quando comparado com as transposições.

O Prof^o Edson ainda questionou sobre os indicadores, comparando os critérios utilizados, a fim de simplificar um pouco a análise, para desempatar a seleção dos barramentos propostos. Com isso, foi iniciada a discussão da hierarquização, com uma votação junto aos participantes buscando um consenso, conforme as alternativas abaixo:

Elaborado por: 	Nº da revisão: 00	Código do Documento: Memória da 2ª Oficina_GRUPO_B	4/8
---	----------------------	---	-----

Hierarquização

Debates Grupo B

- | | | |
|-----------------|-----------------|-----------------|
| A | B | C |
| 1. Água Limpa | 1. Água Limpa | 1. Água Limpa |
| 2. Suçupara | 2. São Domingos | 2. Sítio Novo |
| 3. Sítio Novo | 3. Sítio Novo | 3. São Domingos |
| 4. São Domingos | 4. Suçupara | 4. Suçupara |



INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



Fonte: Própria.

Cada participante informou sua resposta informando através do “chat” sua letra correspondente ou comunicando verbalmente sua resposta. Neste momento os participantes também dirimiram suas dúvidas e justificaram suas respostas quando julgaram necessário. A resposta final para cada pergunta foi informada pelo Sidnei, sendo a letra predominante em cada pergunta. O resultado das respostas predominantes é apresentado a seguir:

Alternativa	A	B	C
Votos	0	16	3

Uma vez obtidas todas as respostas, foi apresentada a ponderação dos resultados, com total de 16 votos para a alternativa B.

Hierarquização

Final – Grupo B

1. Água Limpa
2. São Domingos
3. Sítio Novo
4. Suçuapara



INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) NA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE



Fonte: Própria.

Após a votação, Henrique iniciou o último bloco, onde foi apresentado a análise técnica preliminar das Soleiras Vertentes, assim como os últimos questionamentos.

- *Edson Vieira (ICA/UFMG): Como complemento, argumenta que os estudos não poderiam ser generalizados, precisam ser mais consistentes, porque especificamente no Verde Grande não se sabe se tem viabilidade, onde, quais trechos teriam potenciais para sanar essa demanda por esse tipo de ação na Bacia.*

Sidnei respondeu que há possibilidade de contratação desse assunto da temática das soleiras vertentes, então muito em breve terão estudos com as características dos argumentos citados pelo Profº Edson.

Com a palavra, a representante da Agência Peixe Vivo, Jacqueline ressalta que esse incremento de oferta hídrica há uma sequência, e um porquê, pois os 14 barramentos já estavam previstos no plano Diretor do Verde Grande. E este estudo realizado pela PROFILL, é um aprofundamento com novas metodologias, e técnicas para aprofundar os conhecimentos, como por exemplo no balanço hídrico. Conclui que a oficina de hoje, foi em cima dos 4 melhores

	MEMÓRIA DE REUNIÃO	
	2ª Oficina de Trabalho	
ESTUDO DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

barramentos identificados por meio dos indicadores trabalhados, para que nas próximas etapas serão descritas o cronograma, e as ações necessárias para os barramentos eleitos nessas oficinas, e então executá-las na prática. Finaliza com a fala da importância dos atuantes do comitê para juntos manterem a coerência.

E por fim, Sidnei encerrou o segundo dia da 2ª Oficina do Estudo de Incremento da Oferta Hídrica na Bacia do Rio Verde Grande, às 16h e 50min. A seguir é apresentada a lista de presença.

Lista de presença

Nº	Instituição	Nome	Telefone	E-mail
1	Sindicato Rural de Montes Claros	Maria Socorro M. Almeida Carvalho	(38) 98836-6876	secex.verdegrande@gmail.com
2	DNOCS	Renato Rebello	-	renato.rfreitas@bol.com.br
3	ANA	Tânia Regina Dias da Silva	-	taniadias@ana.gov.br
4	Distrito Irrigação Jaíba (DIJ)	Anna Priscila Camargo Dias	(38)98407-3784	gerenciaexecutiva@dij2.com.br
5	Diretoria CBHVG - Presidente	Dirceu Colares de Araújo Moreira	(38) 99985-2000 /3213-0647	cbhvg1@gmail.com
6	EMATER	Arquimedes Batista Neves Teixeira	(38) 99138-9596	arquimedes.batista@emater.mg.gov.br
7	Distrito Irrigação Gorutuba (DIG)	Gustavo Wagner Drumond Lage	(38) 99988-1025	grupobanarica@yahoo.com.br
8	ICA/UFMG	Edson de Oliveira Vieira	(38) 2101-7708 / 9965-9973	eovieira@ica.ufmg.br
9	ABANORTE	Nilde Antunes Rodrigues Lage	(38) 3834-1257 - (38) 99988-0404	nildelage@yahoo.com.br
10	ABANORTE	Ivanete Pereira dos Santos	(38) 999882720	-
11	IBAMA (representante regional)	Rafael Macedo Chaves	(38) 99932-3178	rafael.chaves@ibama.gov.br
12	CPRM	Camila Mattiuzi	(51) 9 9935 9077	camila.mattiuzi@cprm.gov.br
13	CPRM	Maria Antonieta Mourão	(31) 3878-0385 / (31) 991428636	maria.antonieta@cprm.gov.br
14	EPAMIG	João Batista Ribeiro da Silva Reis	(38) 99191-1979	jbrsreis@epamig.br
15	COPASA	Fred Henrique	38 99919-4194	fred.silva@copasa.com.br
16	EMATER	Raniel Bispo Silva	38- 99945-4537	raniel.sobral@emater.mg.gov.br
17	CPRM (Hidrólogo)	Márcio Cândido	3192948181	marcio.candido@cprm.gov.br
18	CPRM	Fernando Carneiro	3198047198	fernando.carneiro@cprm.gov.br
19	ICA/UFMG	Flávio Pimenta	38- 99949-7940	figueiredofp@yahoo.com.br

	MEMÓRIA DE REUNIÃO	
	2ª Oficina de Trabalho	
ESTUDO DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA (IOH) – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

Nº	Instituição	Nome	Telefone	E-mail
20	Diretora Geral Agência Peixe Vivo	Célia Froés	-	dg@agenciapeixe vivo.org.br
21	vice-presidente do CBH Verde Grande	Glauber Oliveira	77 8111-7902	glauber.oliveira@inema.ba.gov.br
22	SEMAD/SUPRAM NORTE	Iran Douglas da Silva	(38) 3224 7500 (38) 3224 7524 (38) 9 9918 5200	Iran.silva@meioambiente.mg.gov.br Irandouglas@gmail.com
23	IEF/ UFRbio	Aneliza Miranda	38- 98824-3210	-
24	Prefeitura de Montes Claros	Mônica Durães Braga	(38)99959-7746	-
25	DNOCS	Marcus Rangel	(85) 3391-5100 85 8883-4058	marcus.rangel@dnocs.gov.br rangel.marcus@gmail.com
26	CODEVASF	Alexandre Monção	-	-
27	Agência Peixe Vivo	Jacqueline Fonseca	-	jacqueline.fonseca@agenciapeixe vivo.org.br
28	Agência Peixe Vivo	Leonardo Mitre	-	leomitre@hotmail.com
29	PROFILL	Sidnei Agra	-	sidnei.agra@profill.com.br
30	PROFILL	Henrique Kotzan	-	henriquekotzian@gmail.com
31	PROFILL	Tatiani Coletto	-	tatiani.coletto@profill.com.br

	<p>Tipo de Documento: Relatório Técnico</p> <p>P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO</p>	
<p>ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE</p>		

Apêndice 3: Análise Geológico-Geotécnica Expedita dos Barramentos de Água Limpa e Suçuapara

<p>Elaborado por:</p> 	<p>Nº da revisão: 02</p>	<p>Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P6_IOH_AvaliaçãoConjunta_REV02</p>
---	------------------------------	---

	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	P6 – RELATÓRIO FINAL – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

Apêndice 3 – Análise Geológico- Geotécnica Expedita dos Barramentos de Água Limpa e Suçuapara

1. Introdução

São a seguir avaliados os sítios geotécnicos das Barragens Água Limpa e Suçuapara, com vistas a antecipar eventuais problemas que comprometam a sua estanqueidade e eficiência. No item 2, a partir dos elementos existentes e sem inspeção de campo, são caracterizados geologicamente os locais de barramento e seus respectivos reservatórios. No item 3 avalia-se o condicionamento hidrogeotécnico, enquanto no item 4 apresentam-se conclusões e critérios de projeto para ambos os barramentos.

2. Caracterização geológica dos locais de barramento

Os locais de implantação dos barramentos e reservatórios encontram-se sobre rochas da Formação Lagoa do Jacaré (Figura 1), a qual é constituída predominantemente por calcarenitos, biolíticos, calcisiltitos, margas e siltitos. A informação geológica de maior detalhe acerca desta formação (mapa da CPRM 1:250.000), a qual inclui uma unidade de mapeamento exclusiva para rochas calcárias, denominada “Formação Lagoa do Jacaré – Calcários”, indica que não ocorrem exclusivamente calcários nos locais em estudo.

Ainda, examinando-se toda informação disponível, tais como os mapas geológicos do plano de bacia hidrográfica (1:750.000) e CPRM (1:250.000), bem como o mapa de localização de dolinas elaborado por geoprocessamento pela própria PROFILL, identifica-se as seguintes características geológicas dos locais de barramento e reservatórios:

- Não há dolinas visíveis em superfície nestes locais
- O litotipo “calcários” da Formação Lagoa do Jacaré (mapa da CPRM 1:250.000) não está presente nos locais de barramento e reservatórios.
- O processo regional de carstificação é condicionado por lineamentos NE e NW, resultando em dolinas alinhadas segundo estas orientações.
- Embora ocorram lineamentos NE cortando os reservatórios, não há qualquer identificação superficial de dolinas ao longo dos mesmos.

Elaborado por: 	N° da revisão: 00	Código do Documento: Apêndice 3 - Barragens Água Limpa e Suçuapara	1/6
---	----------------------	---	-----

	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	P6 – RELATÓRIO FINAL – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

- Não há lineamentos NE ou NW interceptando os locais de barramento.

Apesar das indicações inicialmente favoráveis dos elementos de geologia de superfície, não há informação sub-superficial. Além disto, para um diagnóstico geotécnico definitivo dos locais de barramento e respectivos reservatórios, é imprescindível uma inspeção geotécnica preliminar, ao que dever-se-á seguir a investigação de sub-superfície através de levantamentos geofísicos (métodos geoeletricos), sondagens e ensaios hidráulicos.

Elaborado por: 	N° da revisão: 00	Código do Documento: Apêndice 3 - Barragens Água Limpa e Suçupara	2/6
---	----------------------	--	-----

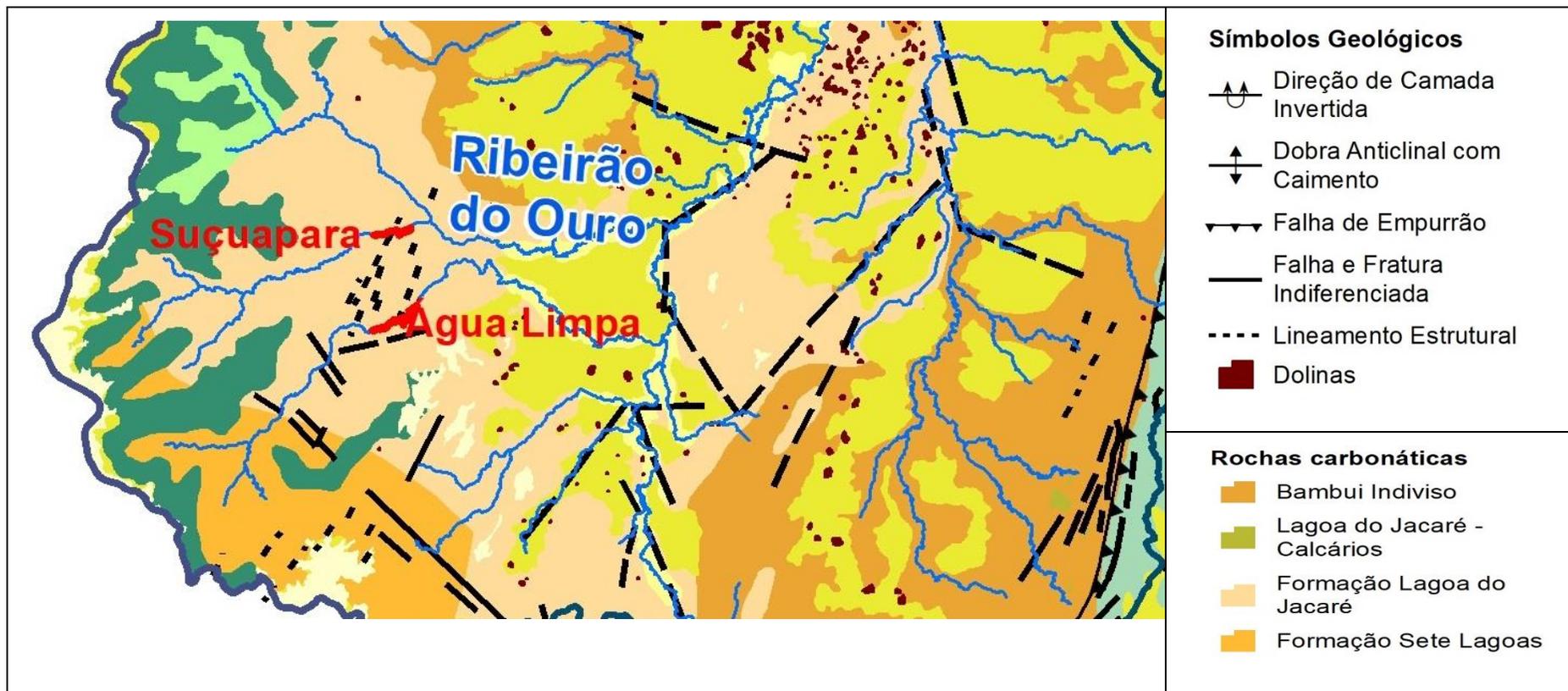


Figura 1: Geologia dos Sítios de Barramento Água Limpa e Suçuapara (Fonte mapas CPRM 1:250.000 e 1:750.000)

	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	P6 – RELATÓRIO FINAL – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

3. Condicionamento hidrogeotécnico dos barramentos e reservatórios

Os estudos hidrogeológicos realizados na sub-bacia do rio Verde Grande permitem estimar algumas características dos sítios geotécnicos. Nos locais dos barramentos e reservatórios, o mapa potenciométrico regional mostra um gradiente hidráulico mais elevado que o do seu entorno, indicando uma menor condutividade hidráulica nestes locais de barramento. Ainda, a região dos barramentos e reservatórios foi caracterizada como área de descarga hidrogeológica (Figura 2), indicando um maior aporte hídrico subterrâneo para a rede de drenagem superficial.

De uma forma geral, com base nos elementos existentes, estima-se que a implantação dos barramentos e reservatórios deverá gerar os seguintes efeitos hidrogeológicos:

- Fluxo subterrâneo: A implantação dos reservatórios deverá gerar uma elevação da superfície potenciométrica no seu entorno, equivalente a elevação do nível destes reservatórios, mantendo-se inalteradas todas as demais características do fluxo subterrâneo.
- Gradientes hidráulicos e fugas subterrâneas: Nos locais de barramento serão gerados gradientes hidráulicos subterrâneos mais elevados, através de ombreiras e fundações. Isto não deverá acarretar problemas hidrogeotécnicos localizados, desde que o substrato geológico local apresente condutividades hidráulicas iguais ou inferiores a $k = 10^{-5}$ cm/s. Entretanto, na eventualidade da existência de zonas cársticas nas fundações, poderão ocorrer fugas subterrâneas significativas.

Elaborado por: 	N° da revisão: 00	Código do Documento: Apêndice 3 - Barragens Água Limpa e Suçupara	4/6
---	----------------------	--	-----

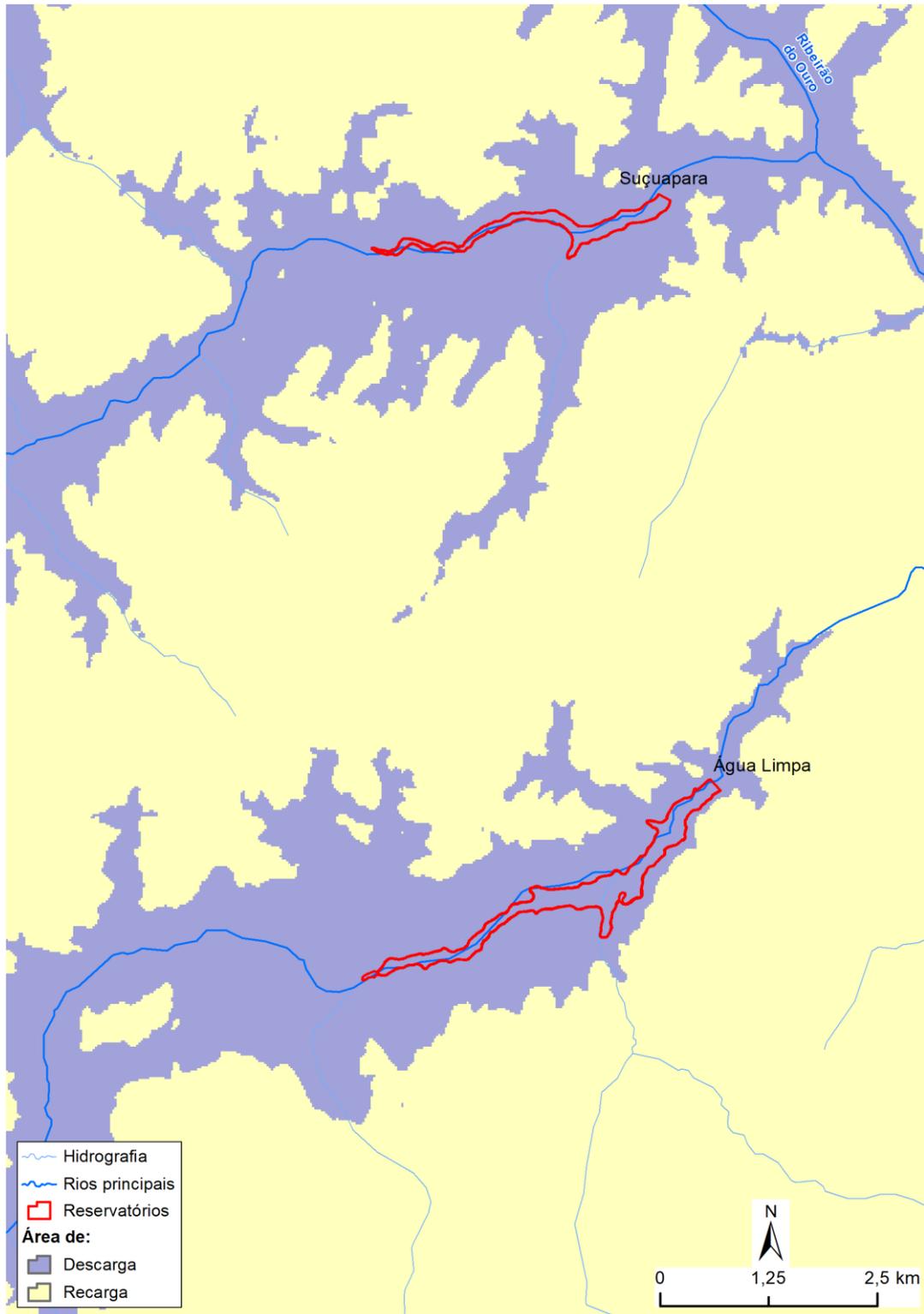


Figura 2: Zonas de recarga e descarga subterrânea e localização dos reservatórios Água Limpa e Suçupara.

	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	P6 – RELATÓRIO FINAL – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

4. Conclusões e recomendações

Os elementos geológicos disponíveis permitem estimar que os locais de barramento Água Limpa e suçupara, bem como seus respectivos reservatórios, apresentam as seguintes características geológicas:

- O substrato geológico dos locais de barramento e reservatórios é constituído por rochas da Formação Lagoa do Jacaré, não havendo a ocorrência exclusiva de rocha calcária.
- Não há ocorrência processos de carstificação ou dolinas visíveis em superfície
- A condutividade hidráulica do substrato geológico nos locais de barramento e reservatórios é igual ou inferior à do seu entorno.
- Os reservatórios situam-se em zona de descarga subterrânea, em decorrência disto, estima-se que deverá ocorrer um significativo aporte hídrico subterrâneo para a rede de drenagem superficial (reservatórios).

As conclusões são limitadas aos elementos geológicos disponíveis, quais sejam dados regionais de superfície. Assim, os estudos subsequentes para implantação dos referidos barramentos devem contemplar os procedimentos abaixo indicados:

- Inspeção geotécnica dos locais de barramento e respectivos reservatórios
- Planejamento e execução de investigação geotécnica através de levantamentos geofísicos (métodos geoeletricos), sondagens e ensaios hidráulicos.

Elaborado por: 	N° da revisão: 00	Código do Documento: Apêndice 3 - Barragens Água Limpa e Suçupara	6/6
---	----------------------	--	-----

	<p>Tipo de Documento: Relatório Técnico</p> <p>P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO</p>	
<p>ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE</p>		

Apêndice 4: Resultados das Simulações dos Reservatórios Água Limpa e Suçuapara

<p>Elaborado por:</p> 	<p>Nº da revisão: 02</p>	<p>Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P6_IOH_AvaliaçãoConjunta_REV02</p>
---	------------------------------	---

AGUA LIMPA

Simulação de Operação do Reservatório

Condição:

Volume Armazenado 8.800.000
 Volume Morto 0
 Situação Inicial: Reservatório Cheio

Período de Simulação: 1987-2002 (187 meses)

ANO	MÊS	PRECIP. (mm)	DEFL. (m3)	EVAP. (mm)	ÁREA (ha)	EVAP. (m3)	PREC. DIR. (m3)	DEMANDA (m3)	VOLUME (m3)	VOLUME (m3)	Situação
									8.800.000	8.800.000	
1989	JAN	62,8	3.793.627	108,4	84	91.197	52.857	964.224	11.591.063	8.800.000	0
	FEV	133,5	11.607.459	113,0	84	95.070	112.398	870.912	19.553.874	8.800.000	0
	MAR	144,4	21.816.731	107,4	84	90.356	121.540	964.224	29.683.690	8.800.000	0
	ABR	24,0	7.576.584	117,8	84	99.141	20.235	933.120	15.364.557	8.800.000	0
	MAI	5,3	3.864.649	132,2	84	111.278	4.443	964.224	11.593.590	8.800.000	0
	JUN	69,9	5.207.067	144,2	84	121.331	58.849	933.120	13.011.465	8.800.000	0
	JUL	41,9	7.612.269	178,2	84	149.952	35.266	964.224	15.333.358	8.800.000	0
	AGO	0,0	7.153.156	216,3	84	182.079	0	964.224	14.806.854	8.800.000	0
	SET	36,8	2.170.598	241,6	84	203.328	30.949	933.120	9.865.099	8.800.000	0
	OUT	83,8	1.743.068	233,5	84	196.532	70.504	964.224	9.452.817	8.800.000	0
	NOV	220,8	2.001.591	136,4	84	114.816	185.845	933.120	9.939.500	8.800.000	0
	DEZ	556,2	10.852.289	105,0	84	88.342	468.148	964.224	19.067.872	8.800.000	0
1990	JAN	35,3	7.365.891	108,4	84	91.197	29.699	964.224	15.140.169	8.800.000	0
	FEV	133,7	4.009.829	113,0	84	95.070	112.497	870.912	11.956.344	8.800.000	0
	MAR	46,3	2.920.069	107,4	84	90.356	38.969	964.224	10.704.457	8.800.000	0
	ABR	9,8	1.529.845	117,8	84	99.141	8.280	933.120	9.305.865	8.800.000	0
	MAI	3,1	1.227.106	132,2	84	111.278	2.583	964.224	8.954.187	8.800.000	0
	JUN	11,2	1.035.164	144,2	84	121.331	9.412	933.120	8.790.125	8.790.125	0
	JUL	39,6	1.052.765	178,2	84	149.843	33.319	964.224	8.762.141	8.762.141	0
	AGO	49,4	887.539	216,3	84	181.568	41.469	964.224	8.545.356	8.545.356	0
	SET	16,6	694.589	241,6	83	199.455	13.721	933.120	8.121.092	8.121.092	0
	OUT	64,7	840.569	233,5	80	186.348	51.662	964.224	7.862.750	7.862.750	0
	NOV	119,4	1.000.904	136,4	78	106.504	93.251	933.120	7.917.282	7.917.282	0
	DEZ	128,4	1.255.865	105,0	78	82.333	100.707	964.224	8.227.296	8.227.296	0
1991	JAN	309,4	4.504.532	108,4	81	87.230	249.082	964.224	11.929.457	8.800.000	0
	FEV	137,6	3.548.388	113,0	84	95.070	115.799	870.912	11.498.204	8.800.000	0
	MAR	149,0	5.020.819	107,4	84	90.356	125.394	964.224	12.891.632	8.800.000	0
	ABR	19,7	3.111.851	117,8	84	99.141	16.591	933.120	10.896.180	8.800.000	0
	MAI	1,9	1.614.386	132,2	84	111.278	1.625	964.224	9.340.509	8.800.000	0
	JUN	0,0	1.011.623	144,2	84	121.331	0	933.120	8.757.172	8.757.172	0
	JUL	1,5	879.062	178,2	84	149.477	1.243	964.224	8.523.776	8.523.776	0
	AGO	0,3	770.140	216,3	82	178.312	270	964.224	8.151.650	8.151.650	0
	SET	29,3	720.762	241,6	80	193.281	23.448	933.120	7.769.459	7.769.459	0
	OUT	35,1	801.163	233,5	77	180.820	27.160	964.224	7.452.738	7.452.738	0
	NOV	221,5	1.618.066	136,4	75	102.641	166.681	933.120	8.201.723	8.201.723	0
	DEZ	196,6	1.944.271	105,0	80	84.323	157.902	964.224	9.255.349	8.800.000	0
1992	JAN	537,7	11.351.977	108,4	84	91.197	452.562	964.224	19.549.118	8.800.000	0
	FEV	306,8	54.031.188	113,0	84	95.070	258.248	870.912	62.123.454	8.800.000	0
	MAR	5,9	13.283.442	107,4	84	90.356	4.945	964.224	21.033.807	8.800.000	0
	ABR	22,6	3.323.744	117,8	84	99.141	18.987	933.120	11.110.470	8.800.000	0
	MAI	16,3	1.956.987	132,2	84	111.278	13.687	964.224	9.695.172	8.800.000	0
	JUN	0,0	1.294.016	144,2	84	121.331	0	933.120	9.039.564	8.800.000	0
	JUL	0,0	1.182.125	178,2	84	149.952	0	964.224	8.867.948	8.800.000	0
	AGO	11,4	1.069.596	216,3	84	182.079	9.583	964.224	8.732.877	8.732.877	0
	SET	5,1	864.949	241,6	84	202.316	4.307	933.120	8.466.697	8.466.697	0
	OUT	95,3	1.158.753	233,5	82	191.613	78.211	964.224	8.547.823	8.547.823	0
	NOV	263,1	3.245.365	136,4	83	112.650	217.250	933.120	10.964.669	8.800.000	0
	DEZ	244,2	5.397.756	105,0	84	88.342	205.494	964.224	13.350.684	8.800.000	0
1993	JAN	78,5	2.728.388	108,4	84	91.197	66.105	964.224	10.539.073	8.800.000	0
	FEV	66,2	2.120.162	113,0	84	95.070	55.687	870.912	10.009.867	8.800.000	0
	MAR	17,0	1.066.190	107,4	84	90.356	14.302	964.224	8.825.912	8.800.000	0
	ABR	34,1	1.095.277	117,8	84	99.141	28.698	933.120	8.891.714	8.800.000	0
	MAI	6,4	877.213	132,2	84	111.278	5.392	964.224	8.607.104	8.607.104	0
	JUN	0,0	705.496	144,2	83	119.586	0	933.120	8.259.894	8.259.894	0
	JUL	0,0	622.787	178,2	81	143.811	0	964.224	7.774.646	7.774.646	0
	AGO	1,5	524.016	216,3	77	167.599	1.194	964.224	7.168.033	7.168.033	0
	SET	14,3	469.176	241,6	73	176.874	10.506	933.120	6.537.721	6.537.721	0
	OUT	19,8	421.201	233,5	69	160.088	13.603	964.224	5.848.213	5.848.213	0
	NOV	80,8	417.954	136,4	63	86.203	51.079	933.120	5.297.923	5.297.923	0
	DEZ	217,1	1.284.079	105,0	59	61.615	127.444	964.224	5.683.606	5.683.606	0
1994	JAN	179,5	3.531.411	108,4	62	67.036	111.055	964.224	8.294.813	8.294.813	0
	FEV	17,1	1.120.334	113,0	81	91.434	13.873	870.912	8.466.674	8.466.674	0
	MAR	298,5	7.358.347	107,4	82	88.095	244.974	964.224	15.017.676	8.800.000	0
	ABR	67,4	6.837.969	117,8	84	99.141	56.722	933.120	14.662.430	8.800.000	0
	MAI	0,0	2.158.779	132,2	84	111.278	0	964.224	9.883.278	8.800.000	0
	JUN	0,0	1.068.060	144,2	84	121.331	0	933.120	8.813.609	8.800.000	0
	JUL	0,0	860.982	178,2	84	149.952	0	964.224	8.546.806	8.546.806	0
	AGO	0,0	750.767	216,3	83	178.630	0	964.224	8.154.719	8.154.719	0
	SET	21,5	637.650	241,6	80	193.330	17.177	933.120	7.683.096	7.683.096	0
	OUT	4,5	561.751	233,5	77	179.435	3.486	964.224	7.104.674	7.104.674	0
	NOV	200,8	1.256.423	136,4	73	99.254	146.068	933.120	7.474.791	7.474.791	0
	DEZ	185,6	2.042.632	105,0	75	79.137	139.942	964.224	8.614.004	8.614.004	0
1995	JAN	69,5	1.245.972	108,4	83	89.932	57.691	964.224	8.863.512	8.800.000	0
	FEV	84,9	1.111.019	113,0	84	95.070	71.478	870.912	9.016.514	8.800.000	0
	MAR	132,9	1.607.995	107,4	84	90.356	111.839	964.224	9.465.254	8.800.000	0
	ABR	73,7	1.050.546	117,8	84	99.141	62.048	933.120	8.880.333	8.800.000	0
	MAI	5,8	660.746	132,2	84	111.278	4.874	964.224	8.390.118	8.390.118	0

	JUN	0,0	561.288	144,2	82	117.583	0	933.120	7.900.703	7.900.703	0
	JUL	0,0	513.700	178,2	78	139.554	0	964.224	7.310.625	7.310.625	0
	AGO	0,0	440.304	216,3	74	160.597	0	964.224	6.626.107	6.626.107	0
	SET	0,8	361.045	241,6	69	167.236	584	933.120	5.887.379	5.887.379	0
	OUT	99,3	668.168	233,5	64	148.284	63.035	964.224	5.506.074	5.506.074	0
	NOV	270,3	2.056.600	136,4	60	82.425	163.299	933.120	6.710.428	6.710.428	0
	DEZ	521,5	12.549.539	105,0	70	73.324	364.292	964.224	18.586.711	8.800.000	0
1996	JAN	121,5	25.084.374	108,4	84	91.197	102.221	964.224	32.931.174	8.800.000	0
	FEV	50,3	9.443.467	113,0	84	95.070	42.358	870.912	17.319.843	8.800.000	0
	MAR	77,8	4.337.582	107,4	84	90.356	65.510	964.224	12.148.512	8.800.000	0
	ABR	18,5	1.817.707	117,8	84	99.141	15.593	933.120	9.601.038	8.800.000	0
	MAI	9,2	1.219.666	132,2	84	111.278	7.725	964.224	8.951.889	8.800.000	0
	JUN	0,6	1.000.454	144,2	84	121.331	466	933.120	8.746.468	8.746.468	0
	JUL	0,0	913.560	178,2	84	149.358	0	964.224	8.546.447	8.546.447	0
	AGO	1,0	791.837	216,3	83	178.625	848	964.224	8.196.282	8.196.282	0
	SET	19,1	692.256	241,6	80	193.992	15.332	933.120	7.776.759	7.776.759	0
	OUT	103,4	909.780	233,5	77	180.936	80.140	964.224	7.621.519	7.621.519	0
	NOV	236,5	1.992.463	136,4	76	104.248	180.739	933.120	8.757.354	8.757.354	0
	DEZ	248,5	3.638.908	105,0	84	88.063	208.522	964.224	11.552.497	8.800.000	0
1997	JAN	193,5	6.326.799	108,4	84	91.197	162.817	964.224	14.234.196	8.800.000	0
	FEV	70,8	2.516.275	113,0	84	95.070	59.626	870.912	10.409.919	8.800.000	0
	MAR	264,6	7.018.485	107,4	84	90.356	222.690	964.224	14.986.595	8.800.000	0
	ABR	67,9	4.625.287	117,8	84	99.141	57.164	933.120	12.450.189	8.800.000	0
	MAI	8,0	1.991.521	132,2	84	111.278	6.713	964.224	9.722.733	8.800.000	0
	JUN	18,7	1.427.472	144,2	84	121.331	15.771	933.120	9.188.791	8.800.000	0
	JUL	0,0	1.121.394	178,2	84	149.952	0	964.224	8.807.217	8.800.000	0
	AGO	0,0	993.440	216,3	84	182.079	0	964.224	8.647.138	8.647.138	0
	SET	16,9	879.315	241,6	83	201.014	14.027	933.120	8.406.345	8.406.345	0
	OUT	65,8	947.808	233,5	82	190.706	53.745	964.224	8.252.968	8.252.968	0
	NOV	80,3	974.888	136,4	81	110.052	64.804	933.120	8.249.488	8.249.488	0
	DEZ	198,9	1.646.613	105,0	81	84.652	160.446	964.224	9.007.671	8.800.000	0
1998	JAN	171,1	2.219.818	108,4	84	91.197	144.037	964.224	10.108.434	8.800.000	0
	FEV	128,3	1.847.963	113,0	84	95.070	107.958	870.912	9.789.939	8.800.000	0
	MAR	19,3	957.774	107,4	84	90.356	16.223	964.224	8.719.416	8.719.416	0
	ABR	20,2	873.376	117,8	84	98.549	16.862	933.120	8.577.986	8.577.986	0
	MAI	9,1	745.921	132,2	83	109.432	7.510	964.224	8.257.760	8.257.760	0
	JUN	1,6	583.132	144,2	81	116.342	1.269	933.120	7.792.699	7.792.699	0
	JUL	0,0	506.339	178,2	78	138.247	0	964.224	7.196.568	7.196.568	0
	AGO	0,0	429.269	216,3	73	158.833	0	964.224	6.502.779	6.502.779	0
	SET	0,0	349.376	241,6	68	164.983	0	933.120	5.754.052	5.754.052	0
	OUT	100,7	603.510	233,5	62	145.791	62.901	964.224	5.310.448	5.310.448	0
	NOV	291,1	2.565.167	136,4	59	80.222	171.160	933.120	7.033.433	7.033.433	0
	DEZ	196,9	3.900.036	105,0	72	75.826	142.264	964.224	10.035.683	8.800.000	0
1999	JAN	122,4	5.746.624	108,4	84	91.197	103.013	964.224	13.594.216	8.800.000	0
	FEV	111,2	3.167.898	113,0	84	95.070	93.622	870.912	11.095.538	8.800.000	0
	MAR	142,7	8.504.147	107,4	84	90.356	120.120	964.224	16.369.687	8.800.000	0
	ABR	13,8	2.526.643	117,8	84	99.141	11.629	933.120	10.306.010	8.800.000	0
	MAI	0,0	1.309.008	132,2	84	111.278	0	964.224	9.033.506	8.800.000	0
	JUN	0,0	959.511	144,2	84	121.331	0	933.120	8.705.059	8.705.059	0
	JUL	3,2	864.804	178,2	84	148.895	2.686	964.224	8.459.429	8.459.429	0
	AGO	0,0	751.714	216,3	82	177.420	0	964.224	8.069.499	8.069.499	0
	SET	5,6	625.331	241,6	79	191.964	4.430	933.120	7.574.176	7.574.176	0
	OUT	36,9	626.850	233,5	76	177.674	28.042	964.224	7.087.169	7.087.169	0
	NOV	249,2	1.247.377	136,4	73	99.081	181.020	933.120	7.483.365	7.483.365	0
	DEZ	230,2	2.503.786	105,0	75	79.200	173.697	964.224	9.117.424	8.800.000	0
2000	JAN	202,1	2.644.148	108,4	84	91.197	170.060	964.224	10.558.788	8.800.000	0
	FEV	119,7	2.170.140	113,0	84	95.070	100.714	870.912	10.104.872	8.800.000	0
	MAR	168,2	3.329.408	107,4	84	90.356	141.569	964.224	11.216.397	8.800.000	0
	ABR	0,2	986.118	117,8	84	99.141	201	933.120	8.754.058	8.754.058	0
	MAI	0,0	853.301	132,2	84	110.899	0	964.224	8.532.236	8.532.236	0
	JUN	0,0	752.963	144,2	82	118.899	0	933.120	8.233.179	8.233.179	0
	JUL	0,0	686.053	178,2	81	143.499	0	964.224	7.811.509	7.811.509	0
	AGO	0,0	586.639	216,3	78	168.143	0	964.224	7.265.781	7.265.781	0
	SET	14,5	507.772	241,6	74	178.568	10.731	933.120	6.672.596	6.672.596	0
	OUT	1,0	436.919	233,5	70	162.461	708	964.224	5.983.537	5.983.537	0
	NOV	316,8	2.216.824	136,4	64	87.671	203.613	933.120	7.383.183	7.383.183	0
	DEZ	295,7	3.813.825	105,0	75	78.460	220.999	964.224	10.375.324	8.800.000	0
2001	JAN	75,6	2.235.164	108,4	84	91.197	63.620	964.224	10.043.362	8.800.000	0
	FEV	20,3	940.631	113,0	84	95.070	17.121	870.912	8.791.770	8.791.770	0
	MAR	98,1	1.555.715	107,4	84	90.301	82.481	964.224	9.375.441	8.800.000	0
	ABR	7,6	802.185	117,8	84	99.141	6.383	933.120	8.576.307	8.576.307	0
	MAI	26,5	755.194	132,2	83	109.418	21.971	964.224	8.279.830	8.279.830	0
	JUN	0,0	582.269	144,2	81	116.550	0	933.120	7.812.430	7.812.430	0
	JUL	2,3	521.106	178,2	78	138.487	1.752	964.224	7.232.577	7.232.577	0
	AGO	0,0	439.729	216,3	74	159.392	0	964.224	6.548.689	6.548.689	0
	SET	1,2	360.184	241,6	69	165.824	848	933.120	5.810.777	5.810.777	0
	OUT	156,8	773.883	233,5	63	146.855	98.624	964.224	5.572.205	5.572.205	0
	NOV	173,5	1.173.213	136,4	61	83.163	105.748	933.120	5.834.883	5.834.883	0
	DEZ	200,8	1.979.101	105,0	63	66.214	126.640	964.224	6.910.185	6.910.185	0
2002	JAN	207,0	3.860.428	108,4	71	77.299	147.697	964.224	9.876.787	8.800.000	0
	FEV	153,2	4.238.387	113,0	84	95.070	128.941	870.912	12.201.346	8.800.000	0
	MAR	74,1	1.936.180	107,4	84	90.356	62.332	964.224	9.743.932	8.800.000	0
	ABR	20,1	1.149.103	117,8	84	99.141	16.898	933.120	8.933.740	8.800.000	0
	MAI	5,1	839.483	132,2	84	111.278	4.307	964.224	8.568.288	8.568.288	0
	JUN	0,0	728.947	144,2	83	119.231	0	933.120	8.244.884	8.244.884	0
	JUL	0,1	665.045	178,2	81	143.636	117	964.224	7.802.186	7.802.186	0
	AGO	0,0	569.559	216,3	78	168.005	0	964.224	7.239.516	7.239.516	0

	SET	46,4	636.515	241,6	74	178.114	34.189	933.120	6.798.986	6.798.986	0
	OUT	37,2	506.189	233,5	71	164.663	26.212	964.224	6.202.500	6.202.500	0
	NOV	116,0	939.510	136,4	66	90.014	76.524	933.120	6.195.400	6.195.400	0
	DEZ	244,6	2.655.887	105,0	66	69.201	161.229	964.224	7.979.091	7.979.091	0
2003	JAN	223,2	3.584.938	108,4	79	85.445	176.020	964.224	10.690.380	8.800.000	0
	FEV	4,1	837.585	113,0	84	95.070	3.428	870.912	8.675.030	8.675.030	0
	MAR	60,4	932.056	107,4	83	89.517	50.397	964.224	8.603.743	8.603.743	0
	ABR	9,4	676.282	117,8	83	97.690	7.761	933.120	8.256.976	8.256.976	0
	MAI	5,8	614.632	132,2	81	106.695	4.665	964.224	7.805.354	7.805.354	0
	JUN	0,0	503.424	144,2	78	111.985	0	933.120	7.263.673	7.263.673	0
	JUL	0,0	444.009	178,2	74	131.665	0	964.224	6.611.794	6.611.794	0
	AGO	27,2	421.280	216,3	69	149.525	18.801	964.224	5.938.125	5.938.125	0
	SET	10,3	317.449	241,6	64	154.387	6.551	933.120	5.174.619	5.174.619	0
	OUT	15,0	325.483	233,5	58	134.667	8.674	964.224	4.409.885	4.409.885	0
	NOV	99,1	600.909	136,4	51	69.676	50.605	933.120	4.058.604	4.058.604	0
	DEZ	135,6	753.581	105,0	48	50.307	65.009	964.224	3.862.663	3.862.663	0
2004	JAN	170,8	1.407.631	108,4	46	49.995	78.818	964.224	4.334.893	4.334.893	0
	FEV	274,0	2.774.380	113,0	50	56.941	138.127	870.912	6.319.546	6.319.546	0
	MAR	177,3	3.325.472	107,4	67	71.811	118.571	964.224	8.727.555	8.727.555	0
	ABR	67,1	2.501.504	117,8	84	98.609	56.210	933.120	10.253.540	8.800.000	0
	MAI	0,1	927.291	132,2	84	111.278	124	964.224	8.651.914	8.651.914	0
	JUN	1,4	755.527	144,2	83	119.994	1.198	933.120	8.355.525	8.355.525	0
	JUL	6,1	738.975	178,2	81	144.921	4.994	964.224	7.990.349	7.990.349	0
	AGO	0,0	640.820	216,3	79	170.758	0	964.224	7.496.187	7.496.187	0
	SET	0,0	532.990	241,6	76	182.504	0	933.120	6.913.554	6.913.554	0
	OUT	86,7	816.190	233,5	71	166.639	61.861	964.224	6.660.743	6.660.743	0
	NOV	55,8	551.816	136,4	69	94.791	38.751	933.120	6.223.399	6.223.399	0
	DEZ	243,0	2.390.287	105,0	66	69.429	160.733	964.224	7.740.766	7.740.766	0
2005	JAN	177,9	2.515.873	108,4	77	83.693	137.407	964.224	9.346.129	8.800.000	0
	FEV	205,0	3.664.221	113,0	84	95.070	172.511	870.912	11.670.750	8.800.000	0
	MAR	102,0	3.764.169	107,4	84	90.356	85.871	964.224	11.595.459	8.800.000	0
	ABR	42,8	1.476.117	117,8	84	99.141	35.990	933.120	9.279.845	8.800.000	0
	MAI	15,1	1.214.669	132,2	84	111.278	12.677	964.224	8.951.845	8.800.000	0
	JUN	3,9	835.584	144,2	84	121.331	3.276	933.120	8.584.409	8.584.409	0
	JUL	0,0	774.272	178,2	83	147.538	0	964.224	8.246.919	8.246.919	0
	AGO	2,5	679.496	216,3	81	174.438	1.989	964.224	7.789.742	7.789.742	0
	SET	28,7	733.738	241,6	78	187.407	22.234	933.120	7.425.187	7.425.187	0
	OUT	23,3	574.121	233,5	75	175.239	17.472	964.224	6.877.317	6.877.317	0
	NOV	226,7	1.736.834	136,4	71	96.988	161.148	933.120	7.745.190	7.745.190	0
	DEZ	181,9	3.554.796	105,0	77	81.105	140.575	964.224	10.395.233	8.800.000	0
2006	JAN	14,9	1.269.769	108,4	84	91.197	12.530	964.224	9.026.878	8.800.000	0
	FEV	69,9	1.357.273	113,0	84	95.070	58.871	870.912	9.250.161	8.800.000	0
	MAR	229,2	3.125.669	107,4	84	90.356	192.901	964.224	11.063.989	8.800.000	0
	ABR	63,4	1.578.110	117,8	84	99.141	53.386	933.120	9.399.234	8.800.000	0
	MAI	0,8	837.448	132,2	84	111.278	676	964.224	8.562.622	8.562.622	0
	JUN	1,2	726.593	144,2	83	119.179	952	933.120	8.237.869	8.237.869	0
	JUL	0,0	671.333	178,2	81	143.554	0	964.224	7.801.424	7.801.424	0
	AGO	3,5	593.741	216,3	78	167.994	2.751	964.224	7.265.698	7.265.698	0
	SET	60,3	668.287	241,6	74	178.566	44.542	933.120	6.866.841	6.866.841	0
	OUT	94,0	902.247	233,5	71	165.835	66.731	964.224	6.705.760	6.705.760	0
	NOV	161,2	1.445.201	136,4	70	95.251	112.520	933.120	7.235.109	7.235.109	0
	DEZ	213,1	2.852.077	105,0	74	77.354	157.064	964.224	9.202.673	8.800.000	0
2007	JAN	99,1	1.934.433	108,4	84	91.197	83.416	964.224	9.762.428	8.800.000	0
	FEV	290,2	5.167.818	113,0	84	95.070	244.231	870.912	13.246.066	8.800.000	0
	MAR	13,7	1.614.630	107,4	84	90.356	11.517	964.224	9.371.567	8.800.000	0
	ABR	21,4	1.132.709	117,8	84	99.141	18.020	933.120	8.918.468	8.800.000	0
	MAI	2,5	857.111	132,2	84	111.278	2.108	964.224	8.583.717	8.583.717	0
	JUN	0,0	743.347	144,2	83	119.372	0	933.120	8.274.572	8.274.572	0
	JUL	0,8	673.893	178,2	81	143.982	632	964.224	7.840.891	7.840.891	0
	AGO	0,0	572.592	216,3	78	168.575	0	964.224	7.280.684	7.280.684	0
	SET	0,3	466.914	241,6	74	178.824	225	933.120	6.635.879	6.635.879	0
	OUT	14,5	446.595	233,5	69	161.818	10.052	964.224	5.966.485	5.966.485	0
	NOV	134,3	857.209	136,4	64	87.487	86.141	933.120	5.889.228	5.889.228	0
	DEZ	113,4	1.050.627	105,0	64	66.670	72.048	964.224	5.981.009	5.981.009	0
2008	JAN	85,6	816.624	108,4	64	69.614	54.996	964.224	5.818.791	5.818.791	0
	FEV	110,7	888.996	113,0	63	71.112	69.714	870.912	5.835.477	5.835.477	0
	MAR	183,3	1.942.437	107,4	63	67.729	115.650	964.224	6.861.610	6.861.610	0
	ABR	46,0	874.397	117,8	71	83.611	32.662	933.120	6.751.939	6.751.939	0
	MAI	2,5	516.844	132,2	70	92.771	1.731	964.224	6.213.519	6.213.519	0
	JUN	0,0	459.004	144,2	66	95.245	0	933.120	5.644.158	5.644.158	0
	JUL	0,0	417.028	178,2	62	109.655	0	964.224	4.987.307	4.987.307	0
	AGO	0,0	355.918	216,3	56	121.339	0	964.224	4.257.663	4.257.663	0
	SET	20,4	356.571	241,6	50	120.117	10.123	933.120	3.571.121	3.571.121	0
	OUT	1,8	260.376	233,5	43	101.430	762	964.224	2.766.605	2.766.605	0
	NOV	240,1	1.524.712	136,4	36	48.722	85.733	933.120	3.395.208	3.395.208	0
	DEZ	297,2	4.478.251	105,0	42	43.856	124.156	964.224	6.989.535	6.989.535	0
2009	JAN	266,6	8.821.139	108,4	72	77.929	191.748	964.224	14.960.270	8.800.000	0
	FEV	105,3	7.586.596	113,0	84	95.070	88.656	870.912	15.509.270	8.800.000	0
	MAR	156,8	5.500.531	107,4	84	90.356	131.934	964.224	13.377.885	8.800.000	0
	ABR	87,6	4.377.316	117,8	84	99.141	73.749	933.120	12.218.804	8.800.000	0
	MAI	7,1	1.745.192	132,2	84	111.278	6.001	964.224	9.475.692	8.800.000	0
	JUN	13,0	1.379.505	144,2	84	121.331	10.975	933.120	9.136.028	8.800.000	0
	JUL	0,3	1.059.229	178,2	84	149.952	277	964.224	8.745.329	8.745.329	0
	AGO	0,1	939.060	216,3	84	181.341	86	964.224	8.538.911	8.538.911	0
	SET	10,6	823.741	241,6	83	199.355	8.711	933.120	8.238.887	8.238.887	0
	OUT	189,2	1.685.436	233,5	81	188.161	152.476	964.224	8.924.414	8.800.000	0
	NOV	59,8	1.087.415	136,4	84	114.816	50.304	933.120	8.889.782	8.800.000	0

	DEZ	254,2	2.733.644	105,0	84	88.342	213.924	964.224	10.695.002	8.800.000	0
2010	JAN	85,7	1.986.807	108,4	84	91.197	72.095	964.224	9.803.481	8.800.000	0
	FEV	58,8	1.120.054	113,0	84	95.070	49.492	870.912	9.003.563	8.800.000	0
	MAR	224,0	2.911.467	107,4	84	90.356	188.534	964.224	10.845.420	8.800.000	0
	ABR	65,7	1.729.452	117,8	84	99.141	55.304	933.120	9.552.494	8.800.000	0
	MAI	34,7	1.196.719	132,2	84	111.278	29.208	964.224	8.950.425	8.800.000	0
	JUN	0,0	788.967	144,2	84	121.331	0	933.120	8.534.516	8.534.516	0
	JUL	0,0	736.728	178,2	82	146.973	0	964.224	8.160.048	8.160.048	0
	AGO	0,0	640.883	216,3	80	173.201	0	964.224	7.663.505	7.663.505	0
	SET	6,9	541.730	241,6	77	185.314	5.315	933.120	7.092.116	7.092.116	0
	OUT	58,0	637.939	233,5	73	169.682	42.110	964.224	6.638.259	6.638.259	0
	NOV	194,8	1.530.839	136,4	69	94.560	135.052	933.120	7.276.470	7.276.470	0
	DEZ	238,0	2.686.962	105,0	74	77.664	176.089	964.224	9.097.633	8.800.000	0
2011	JAN	100,2	2.536.813	108,4	84	91.197	84.318	964.224	10.365.711	8.800.000	0
	FEV	103,9	1.468.286	113,0	84	95.070	87.456	870.912	9.389.759	8.800.000	0
	MAR	245,2	4.496.254	107,4	84	90.356	206.370	964.224	12.448.044	8.800.000	0
	ABR	33,2	2.001.731	117,8	84	99.141	27.967	933.120	9.797.437	8.800.000	0
	MAI	0,5	968.294	132,2	84	111.278	456	964.224	8.693.248	8.693.248	0
	JUN	0,0	840.072	144,2	83	120.369	0	933.120	8.479.831	8.479.831	0
	JUL	0,0	784.378	178,2	82	146.349	0	964.224	8.153.636	8.153.636	0
	AGO	0,0	682.237	216,3	80	173.110	0	964.224	7.698.540	7.698.540	0
	SET	0,0	560.845	241,6	77	185.897	0	933.120	7.140.367	7.140.367	0
	OUT	91,2	720.468	233,5	73	170.497	66.557	964.224	6.792.671	6.792.671	0
	NOV	244,5	2.022.523	136,4	70	96.134	172.274	933.120	7.958.214	7.958.214	0
	DEZ	343,3	8.137.062	105,0	79	82.623	270.258	964.224	15.318.687	8.800.000	0
2012	JAN	189,8	13.010.291	108,4	84	91.197	159.768	964.224	20.914.638	8.800.000	0
	FEV	25,2	3.969.981	113,0	84	95.070	21.184	870.912	11.825.183	8.800.000	0
	MAR	66,5	2.339.402	107,4	84	90.356	55.994	964.224	10.140.816	8.800.000	0
	ABR	6,2	1.229.655	117,8	84	99.141	5.235	933.120	9.002.629	8.800.000	0
	MAI	26,2	1.222.328	132,2	84	111.278	22.068	964.224	8.968.894	8.800.000	0
	JUN	4,1	901.015	144,2	84	121.331	3.414	933.120	8.649.978	8.649.978	0
	JUL	0,0	816.942	178,2	83	148.278	0	964.224	8.354.418	8.354.418	0
	AGO	0,0	698.804	216,3	81	175.954	0	964.224	7.913.045	7.913.045	0
	SET	0,0	570.414	241,6	78	189.430	32	933.120	7.360.941	7.360.941	0
	OUT	7,1	522.533	233,5	75	174.179	5.276	964.224	6.750.346	6.750.346	0
	NOV	373,5	2.994.292	136,4	70	95.705	262.024	933.120	8.977.838	8.800.000	0
	DEZ	65,6	1.562.743	105,0	84	88.342	55.204	964.224	9.365.381	8.800.000	0
2013	JAN	173,6	1.899.376	108,4	84	91.197	146.069	964.224	9.790.025	8.800.000	0
	FEV	5,6	695.487	113,0	84	95.070	4.749	870.912	8.534.253	8.534.253	0
	MAR	104,3	1.273.577	107,4	82	88.559	86.003	964.224	8.841.051	8.800.000	0
	ABR	92,4	1.137.995	117,8	84	99.141	77.740	933.120	8.983.474	8.800.000	0
	MAI	2,2	640.358	132,2	84	111.278	1.842	964.224	8.366.698	8.366.698	0
	JUN	28,0	651.282	144,2	81	117.365	22.822	933.120	7.990.317	7.990.317	0
	JUL	0,0	510.130	178,2	79	140.629	0	964.224	7.395.594	7.395.594	0
	AGO	0,0	436.401	216,3	75	161.900	0	964.224	6.705.871	6.705.871	0
	SET	17,6	378.545	241,6	70	168.681	12.316	933.120	5.994.931	5.994.931	0
	OUT	71,1	619.913	233,5	64	150.277	45.758	964.224	5.546.102	5.546.102	0
	NOV	233,8	1.468.591	136,4	61	82.872	142.044	933.120	6.140.744	6.140.744	0
	DEZ	412,9	6.473.182	105,0	66	68.753	270.467	964.224	11.851.416	8.800.000	0
2014	JAN	23,3	2.757.315	108,4	84	91.197	19.579	964.224	10.521.474	8.800.000	0
	FEV	30,8	1.187.157	113,0	84	95.070	25.939	870.912	9.047.114	8.800.000	0
	MAR	85,1	1.839.323	107,4	84	90.356	71.581	964.224	9.656.324	8.800.000	0
	ABR	33,8	1.091.576	117,8	84	99.141	28.466	933.120	8.887.781	8.800.000	0
	MAI	0,0	757.700	132,2	84	111.278	0	964.224	8.482.198	8.482.198	0
	JUN	0,2	664.943	144,2	82	118.438	135	933.120	8.095.718	8.095.718	0
	JUL	0,0	600.866	178,2	80	141.882	0	964.224	7.590.478	7.590.478	0
	AGO	0,0	511.789	216,3	76	164.853	0	964.224	6.973.190	6.973.190	0
	SET	0,5	417.829	241,6	72	173.458	369	933.120	6.284.810	6.284.810	0
	OUT	28,4	435.020	233,5	67	155.568	18.912	964.224	5.618.950	5.618.950	0
	NOV	125,1	830.602	136,4	61	83.682	76.734	933.120	5.509.484	5.509.484	0
	DEZ	154,4	1.532.872	105,0	60	63.449	93.303	964.224	6.107.987	6.107.987	0
2015	JAN	8,0	451.132	108,4	65	70.697	5.226	964.224	5.529.423	5.529.423	0
	FEV	82,9	996.010	113,0	61	68.466	50.261	870.912	5.636.316	5.636.316	0
	MAR	87,7	842.203	107,4	61	66.006	53.906	964.224	5.502.194	5.502.194	0
	ABR	25,1	496.035	117,8	60	71.135	15.177	933.120	5.009.151	5.009.151	0
	MAI	10,1	426.504	132,2	56	74.402	5.683	964.224	4.402.713	4.402.713	0
	JUN	0,0	334.331	144,2	51	73.538	0	933.120	3.730.385	3.730.385	0
	JUL	0,0	297.734	178,2	45	80.032	0	964.224	2.983.863	2.983.863	0
	AGO	0,0	252.029	216,3	38	81.859	0	964.224	2.189.809	2.189.809	0
	SET	0,0	205.206	241,6	30	72.329	0	933.120	1.389.567	1.389.567	0
	OUT	14,4	209.280	233,5	22	50.428	3.111	964.224	587.306	587.306	0
	NOV	59,8	298.930	136,4	13	17.523	7.683	933.120	-56.724	0	falha
	DEZ	63,8	428.418	105,0	6	6.502	3.952	964.224	-538.357	0	falha
2016	JAN	320,2	2.326.422	108,4	6	6.712	19.834	964.224	1.375.321	1.375.321	0
	FEV	9,2	459.821	113,0	21	24.222	1.979	870.912	941.987	941.987	0
	MAR	35,9	483.286	107,4	17	17.994	6.012	964.224	449.067	449.067	0
	ABR	1,5	346.450	117,8	11	13.309	164	933.120	-150.748	0	falha
	MAI	1,7	329.569	132,2	6	8.190	103	964.224	-642.742	0	falha
	JUN	3,3	272.565	144,2	6	8.930	206	933.120	-669.278	0	falha
	JUL	0,0	238.048	178,2	6	11.036	0	964.224	-737.212	0	falha
	AGO	0,0	201.126	216,3	6	13.401	0	964.224	-776.499	0	falha
	SET	5,0	167.017	241,6	6	14.965	310	933.120	-780.758	0	falha
	OUT	88,8	339.139	233,5	6	14.465	5.503	964.224	-634.047	0	falha
	NOV	109,2	505.607	136,4	6	8.450	6.763	933.120	-429.201	0	falha
	DEZ	109,1	703.227	105,0	6	6.502	6.760	964.224	-260.739	0	falha
2017	JAN	36,1	515.983	108,4	6	6.712	2.237	964.224	-452.716	0	falha
	FEV	181,5	1.405.934	113,0	6	6.997	11.241	870.912	539.266	539.266	0

	MAR	123,9	1.544.241	107,4	12	13.214	15.250	964.224	1.121.318	1.121.318	0
	ABR	2,5	410.279	117,8	19	22.043	462	933.120	576.896	576.896	0
	MAI	7,7	443.548	132,2	13	16.830	985	964.224	40.375	40.375	0
	JUN	0,0	372.380	144,2	7	9.599	0	933.120	-529.964	0	falha
	JUL	0,6	342.033	178,2	6	11.036	38	964.224	-633.189	0	falha
	AGO	0,0	292.781	216,3	6	13.401	0	964.224	-684.844	0	falha
	SET	0,0	239.720	241,6	6	14.965	0	933.120	-708.364	0	falha
	OUT	6,7	221.851	233,5	6	14.465	416	964.224	-756.422	0	falha
	NOV	132,2	715.361	136,4	6	8.450	8.190	933.120	-218.020	0	falha
	DEZ	244,0	1.860.124	105,0	6	6.502	15.112	964.224	904.510	904.510	0
2018	JAN	34,5	730.237	108,4	16	17.717	5.637	964.224	658.442	658.442	0
	FEV	372,2	4.032.725	113,0	14	15.404	50.751	870.912	3.855.603	3.855.603	0
	MAR	105,7	2.666.557	107,4	46	49.465	48.706	964.224	5.557.177	5.557.177	0
	ABR	11,5	986.418	117,8	61	71.665	6.985	933.120	5.545.796	5.545.796	0
	MAI	12,8	824.057	132,2	61	80.315	7.773	964.224	5.333.087	5.333.087	0
	JUN	0,0	666.011	144,2	59	85.045	0	933.120	4.980.933	4.980.933	0
	JUL	0,0	621.439	178,2	56	99.833	0	964.224	4.538.316	4.538.316	0
	AGO	0,2	539.020	216,3	52	112.944	97	964.224	4.000.265	4.000.265	0
	SET	2,1	447.353	241,6	47	114.506	979	933.120	3.400.970	3.400.970	0
	OUT	63,2	689.489	233,5	42	97.692	26.449	964.224	3.054.992	3.054.992	0
	NOV	110,5	1.015.016	136,4	39	52.559	42.561	933.120	3.126.889	3.126.889	0
	DEZ	141,4	1.200.372	105,0	39	41.168	55.453	964.224	3.377.322	3.377.322	0
						38.886.423					Falhas: 18

Regularizada (m3/s)

0,36

Número de falhas:	18	360 meses
Atendimento: (%)	95,0	

SUÇUAPARA

Simulação de Operação do Reservatório

Condição:

Volume Armazenado 4.250.000
 Volume Morto 0
 Situação Inicial: Reservatório Cheio

Período de Simulação: 1987-2002 (187 meses)

ANO	MÊS	PRECIP. (mm)	DEFL. (m3)	EVAP.[3] (mm)	ÁREA (ha)	EVAP. (m3)	PREC. DIR. (m3)	DEMANDA (m3)	VOLUME (m3)	VOLUME (m3)	Situação
1989	JAN	52,0	3.419.559	108,1	39	41.997	20.206	768.701	4.250.000	4.250.000	0
	FEV	131,7	10.462.914	113,3	39	44.016	51.178	694.310	14.025.766	4.250.000	0
	MAR	142,7	19.665.509	107,6	39	41.809	55.450	768.701	23.160.449	4.250.000	0
	ABR	18,3	6.829.500	117,6	39	45.715	7.111	743.904	10.296.993	4.250.000	0
	MAI	4,9	3.483.578	131,7	39	51.189	1.909	768.701	6.915.598	4.250.000	0
	JUN	75,6	4.693.628	143,4	39	55.724	29.391	743.904	8.173.391	4.250.000	0
	JUL	47,4	6.861.667	177,4	39	68.952	18.418	768.701	10.292.432	4.250.000	0
	AGO	0,0	6.447.825	215,4	39	83.702	0	768.701	9.845.422	4.250.000	0
	SET	33,3	1.956.567	240,5	39	93.468	12.954	743.904	5.382.150	4.250.000	0
	OUT	85,5	1.571.195	232,4	39	90.322	33.221	768.701	4.995.393	4.250.000	0
	NOV	188,6	1.804.226	136,2	39	52.944	73.272	743.904	5.330.650	4.250.000	0
	DEZ	558,0	9.782.208	104,8	39	40.723	216.826	768.701	13.439.610	4.250.000	0
1990	JAN	30,9	6.639.583	108,1	39	41.997	11.992	768.701	10.090.878	4.250.000	0
	FEV	117,4	3.614.443	113,3	39	44.016	45.635	694.310	7.171.752	4.250.000	0
	MAR	52,1	2.632.138	107,6	39	41.809	20.230	768.701	6.091.858	4.250.000	0
	ABR	8,9	1.378.996	117,6	39	45.715	3.476	743.904	4.842.854	4.250.000	0
	MAI	4,0	1.106.108	131,7	39	51.189	1.565	768.701	4.537.784	4.250.000	0
	JUN	5,3	933.093	143,4	39	55.724	2.069	743.904	4.385.534	4.250.000	0
	JUL	35,4	948.958	177,4	39	68.952	13.757	768.701	4.375.062	4.250.000	0
	AGO	34,7	800.024	215,4	39	83.702	13.486	768.701	4.211.107	4.211.107	0
	SET	9,1	626.100	240,5	39	92.737	3.516	743.904	4.004.082	4.004.082	0
	OUT	70,5	757.685	232,4	37	85.835	26.052	768.701	3.933.283	3.933.283	0
	NOV	112,8	902.211	136,2	36	49.551	41.007	743.904	4.083.045	4.083.045	0
	DEZ	126,8	1.132.032	104,8	38	39.352	47.633	768.701	4.454.657	4.250.000	0
1991	JAN	319,9	4.060.366	108,1	39	41.997	124.304	768.701	7.623.972	4.250.000	0
	FEV	125,7	3.198.502	113,3	39	44.016	48.834	694.310	6.759.009	4.250.000	0
	MAR	142,4	4.525.745	107,6	39	41.809	55.319	768.701	8.020.554	4.250.000	0
	ABR	16,5	2.805.009	117,6	39	45.715	6.427	743.904	6.271.817	4.250.000	0
	MAI	1,8	1.455.200	131,7	39	51.189	698	768.701	4.886.009	4.250.000	0
	JUN	0,0	911.873	143,4	39	55.724	0	743.904	4.362.245	4.250.000	0
	JUL	0,7	792.383	177,4	39	68.952	274	768.701	4.205.004	4.205.004	0
	AGO	0,3	694.201	215,4	39	82.945	117	768.701	4.047.676	4.047.676	0
	SET	27,6	649.692	240,5	37	89.652	10.285	743.904	3.874.098	3.874.098	0
	OUT	36,9	722.165	232,4	36	83.441	13.241	768.701	3.757.361	3.757.361	0
	NOV	206,7	1.458.517	136,2	35	47.643	72.262	743.904	4.496.594	4.250.000	0
	DEZ	169,3	1.752.558	104,8	39	40.723	65.783	768.701	5.258.918	4.250.000	0
1992	JAN	569,8	10.232.624	108,1	39	41.997	221.421	768.701	13.893.348	4.250.000	0
	FEV	344,9	48.703.484	113,3	39	44.016	134.026	694.310	52.349.184	4.250.000	0
	MAR	0,0	11.973.638	107,6	39	41.809	0	768.701	15.413.129	4.250.000	0
	ABR	22,3	2.996.009	117,6	39	45.715	8.663	743.904	6.465.054	4.250.000	0
	MAI	24,3	1.764.020	131,7	39	51.189	9.443	768.701	5.203.573	4.250.000	0
	JUN	0,0	1.166.420	143,4	39	55.724	0	743.904	4.616.792	4.250.000	0
	JUL	0,0	1.065.562	177,4	39	68.952	0	768.701	4.477.909	4.250.000	0
	AGO	10,3	964.130	215,4	39	83.702	4.003	768.701	4.365.729	4.250.000	0
	SET	0,0	779.661	240,5	39	93.468	0	743.904	4.192.290	4.192.290	0
	OUT	124,4	1.044.495	232,4	38	89.274	47.780	768.701	4.426.590	4.250.000	0
	NOV	363,9	2.925.359	136,2	39	52.944	141.410	743.904	6.519.920	4.250.000	0
	DEZ	298,4	4.865.515	104,8	39	40.723	115.957	768.701	8.422.048	4.250.000	0
1993	JAN	69,2	2.459.358	108,1	39	41.997	26.876	768.701	5.925.536	4.250.000	0
	FEV	72,8	1.911.105	113,3	39	44.016	28.306	694.310	5.451.084	4.250.000	0
	MAR	9,1	961.059	107,6	39	41.809	3.538	768.701	4.404.088	4.250.000	0
	ABR	35,3	987.278	117,6	39	45.715	13.735	743.904	4.461.395	4.250.000	0
	MAI	10,1	790.716	131,7	39	51.189	3.929	768.701	4.224.756	4.224.756	0
	JUN	0,0	635.931	143,4	39	55.442	0	743.904	4.061.341	4.061.341	0
	JUL	0,0	561.377	177,4	37	66.329	0	768.701	3.787.689	3.787.689	0
	AGO	0,0	472.346	215,4	35	75.843	0	768.701	3.415.492	3.415.492	0
	SET	14,2	422.913	240,5	32	77.476	4.590	743.904	3.021.614	3.021.614	0
	OUT	20,1	379.669	232,4	29	67.350	5.823	768.701	2.571.055	2.571.055	0
	NOV	51,7	376.742	136,2	25	34.334	13.025	743.904	2.182.584	2.182.584	0
	DEZ	192,7	1.157.463	104,8	22	22.928	42.167	768.701	2.590.585	2.590.585	0
1994	JAN	187,5	3.183.199	108,1	25	27.413	47.559	768.701	5.025.229	4.250.000	0
	FEV	17,0	1.009.864	113,3	39	44.016	6.595	694.310	4.528.132	4.250.000	0
	MAR	287,5	6.632.783	107,6	39	41.809	111.709	768.701	10.183.983	4.250.000	0
	ABR	60,2	6.163.716	117,6	39	45.715	23.380	743.904	9.647.478	4.250.000	0
	MAI	0,0	1.945.914	131,7	39	51.189	0	768.701	5.376.025	4.250.000	0
	JUN	0,0	962.745	143,4	39	55.724	0	743.904	4.413.117	4.250.000	0
	JUL	0,0	776.085	177,4	39	68.952	0	768.701	4.188.432	4.188.432	0
	AGO	0,0	676.738	215,4	38	82.666	0	768.701	4.013.804	4.013.804	0
	SET	11,5	574.775	240,5	37	89.009	4.256	743.904	3.759.922	3.759.922	0
	OUT	5,4	506.360	232,4	35	81.325	1.874	768.701	3.418.130	3.418.130	0
	NOV	183,5	1.132.534	136,2	32	43.915	59.162	743.904	3.822.006	3.822.006	0
	DEZ	162,4	1.841.220	104,8	35	37.186	57.611	768.701	4.914.950	4.250.000	0
1995	JAN	77,6	1.123.114	108,1	39	41.997	30.142	768.701	4.592.557	4.250.000	0
	FEV	85,3	1.001.468	113,3	39	44.016	33.142	694.310	4.546.283	4.250.000	0
	MAR	145,4	1.449.440	107,6	39	41.809	56.511	768.701	4.945.442	4.250.000	0
	ABR	57,4	946.958	117,6	39	45.715	22.313	743.904	4.429.652	4.250.000	0
	MAI	1,5	595.594	131,7	39	51.189	589	768.701	4.026.293	4.026.293	0

	JUN	0,0	505.943	143,4	37	53.208	0	743.904	3.735.124	3.735.124	0
	JUL	0,0	463.047	177,4	35	61.732	0	768.701	3.367.737	3.367.737	0
	AGO	0,0	396.888	215,4	32	68.544	0	768.701	2.927.381	2.927.381	0
	SET	1,4	325.444	240,5	28	67.812	399	743.904	2.441.507	2.441.507	0
	OUT	101,5	602.283	232,4	24	56.014	24.457	768.701	2.243.533	2.243.533	0
	NOV	274,3	1.853.811	136,2	22	30.524	61.450	743.904	3.384.365	3.384.365	0
	DEZ	665,9	11.312.101	104,8	32	33.490	212.798	768.701	14.107.074	4.250.000	0
1996	JAN	161,4	22.610.948	108,1	39	41.997	62.734	768.701	26.112.984	4.250.000	0
	FEV	56,7	8.512.302	113,3	39	44.016	22.040	694.310	2.046.015	4.250.000	0
	MAR	82,1	3.909.878	107,6	39	41.809	31.888	768.701	7.381.257	4.250.000	0
	ABR	18,2	1.638.473	117,6	39	45.715	7.086	743.904	5.105.941	4.250.000	0
	MAI	9,0	1.099.402	131,7	39	51.189	3.483	768.701	4.532.995	4.250.000	0
	JUN	0,8	901.805	143,4	39	55.724	318	743.904	4.352.494	4.250.000	0
	JUL	0,0	823.479	177,4	39	68.952	0	768.701	4.235.826	4.235.826	0
	AGO	0,9	713.758	215,4	39	83.464	341	768.701	4.097.761	4.097.761	0
	SET	22,0	623.997	240,5	38	90.600	8.300	743.904	3.895.553	3.895.553	0
	OUT	94,5	820.072	232,4	36	83.837	34.078	768.701	3.897.166	3.897.166	0
	NOV	238,3	1.795.998	136,2	36	49.161	85.995	743.904	4.986.094	4.250.000	0
	DEZ	293,7	3.280.096	104,8	39	40.723	114.141	768.701	6.834.813	4.250.000	0
1997	JAN	198,5	5.702.950	108,1	39	41.997	77.130	768.701	9.219.383	4.250.000	0
	FEV	78,2	2.268.160	113,3	39	44.016	30.393	694.310	5.810.227	4.250.000	0
	MAR	268,4	6.326.433	107,6	39	41.809	104.284	768.701	9.870.207	4.250.000	0
	ABR	65,9	4.169.214	117,6	39	45.715	25.624	743.904	7.655.219	4.250.000	0
	MAI	8,3	1.795.149	131,7	39	51.189	3.215	768.701	5.228.475	4.250.000	0
	JUN	20,5	1.286.717	143,4	39	55.724	7.950	743.904	4.745.039	4.250.000	0
	JUL	0,0	1.010.820	177,4	39	68.952	0	768.701	4.423.167	4.250.000	0
	AGO	0,0	895.483	215,4	39	83.702	0	768.701	4.293.080	4.250.000	0
	SET	18,3	792.611	240,5	39	93.468	7.120	743.904	4.212.359	4.212.359	0
	OUT	76,4	854.350	232,4	39	89.639	29.471	768.701	4.237.840	4.237.840	0
	NOV	103,7	878.760	136,2	39	52.815	40.218	743.904	4.360.098	4.250.000	0
	DEZ	175,5	1.484.250	104,8	39	40.723	68.216	768.701	4.993.043	4.250.000	0
1998	JAN	202,2	2.000.934	108,1	39	41.997	78.578	768.701	5.518.814	4.250.000	0
	FEV	122,7	1.665.746	113,3	39	44.016	47.689	694.310	5.225.109	4.250.000	0
	MAR	13,3	863.333	107,6	39	41.809	5.178	768.701	4.308.002	4.250.000	0
	ABR	27,3	787.257	117,6	39	45.715	10.591	743.904	4.258.230	4.250.000	0
	MAI	10,7	672.370	131,7	39	51.189	4.141	768.701	4.106.622	4.106.622	0
	JUN	1,5	525.633	143,4	38	54.115	552	743.904	3.834.788	3.834.788	0
	JUL	0,0	456.412	177,4	36	63.144	0	768.701	3.459.355	3.459.355	0
	AGO	0,0	386.941	215,4	33	70.149	0	768.701	3.007.446	3.007.446	0
	SET	0,0	314.926	240,5	29	69.413	0	743.904	2.509.055	2.509.055	0
	OUT	110,7	544.002	232,4	25	57.350	27.321	768.701	2.254.326	2.254.326	0
	NOV	287,9	2.312.230	136,2	22	30.651	64.771	743.904	3.856.773	3.856.773	0
	DEZ	194,0	3.515.476	104,8	36	37.476	69.365	768.701	6.635.437	4.250.000	0
1999	JAN	121,8	5.179.982	108,1	39	41.997	47.328	768.701	8.666.613	4.250.000	0
	FEV	108,8	2.855.530	113,3	39	44.016	42.296	694.310	6.409.499	4.250.000	0
	MAR	159,8	7.665.602	107,6	39	41.809	62.078	768.701	11.167.170	4.250.000	0
	ABR	9,5	2.277.505	117,6	39	45.715	3.701	743.904	5.741.588	4.250.000	0
	MAI	0,0	1.179.934	131,7	39	51.189	0	768.701	4.610.045	4.250.000	0
	JUN	0,0	864.899	143,4	39	55.724	0	743.904	4.315.271	4.250.000	0
	JUL	1,6	779.530	177,4	39	68.952	637	768.701	4.192.514	4.192.514	0
	AGO	0,0	677.592	215,4	38	82.735	0	768.701	4.018.671	4.018.671	0
	SET	3,3	563.670	240,5	37	89.102	1.226	743.904	3.750.561	3.750.561	0
	OUT	37,4	565.040	232,4	35	81.151	13.044	768.701	3.478.793	3.478.793	0
	NOV	233,1	1.124.380	136,2	33	44.587	76.292	743.904	3.890.975	3.890.975	0
	DEZ	220,9	2.256.902	104,8	36	37.761	79.602	768.701	5.421.017	4.250.000	0
2000	JAN	201,8	2.383.424	108,1	39	41.997	78.434	768.701	5.901.160	4.250.000	0
	FEV	119,9	1.956.155	113,3	39	44.016	46.596	694.310	5.514.425	4.250.000	0
	MAR	170,6	3.001.114	107,6	39	41.809	66.298	768.701	6.506.902	4.250.000	0
	ABR	0,3	888.883	117,6	39	45.715	123	743.904	4.349.388	4.250.000	0
	MAI	0,0	769.162	131,7	39	51.189	0	768.701	4.199.273	4.199.273	0
	JUN	0,0	678.717	143,4	38	55.156	0	743.904	4.078.930	4.078.930	0
	JUL	0,0	618.405	177,4	38	66.574	0	768.701	3.862.060	3.862.060	0
	AGO	0,0	528.794	215,4	36	77.119	0	768.701	3.545.034	3.545.034	0
	SET	13,1	457.703	240,5	33	80.002	4.368	743.904	3.183.198	3.183.198	0
	OUT	1,0	393.837	232,4	30	70.452	289	768.701	2.738.171	2.738.171	0
	NOV	325,3	1.998.235	136,2	27	36.255	86.564	743.904	4.042.812	4.042.812	0
	DEZ	290,9	3.437.766	104,8	37	39.020	108.327	768.701	6.781.184	4.250.000	0
2001	JAN	75,1	2.014.767	108,1	39	41.997	29.189	768.701	5.483.258	4.250.000	0
	FEV	22,9	847.881	113,3	39	44.016	8.880	694.310	4.368.435	4.250.000	0
	MAR	104,9	1.402.315	107,6	39	41.809	40.778	768.701	4.882.583	4.250.000	0
	ABR	8,5	723.086	117,6	39	45.715	3.298	743.904	4.186.765	4.186.765	0
	MAI	24,4	680.729	131,7	38	50.538	9.369	768.701	4.057.624	4.057.624	0
	JUN	0,0	524.855	143,4	37	53.562	0	743.904	3.785.013	3.785.013	0
	JUL	1,8	469.723	177,4	35	62.440	650	768.701	3.424.246	3.424.246	0
	AGO	0,0	396.370	215,4	32	69.535	0	768.701	2.982.380	2.982.380	0
	SET	1,0	324.669	240,5	29	68.913	290	743.904	2.494.522	2.494.522	0
	OUT	155,1	697.575	232,4	25	57.063	38.080	768.701	2.404.414	2.404.414	0
	NOV	161,8	1.057.529	136,2	24	32.403	38.487	743.904	2.724.123	2.724.123	0
	DEZ	208,3	1.783.953	104,8	26	27.762	55.182	768.701	3.766.794	3.766.794	0
2002	JAN	213,5	3.479.774	108,1	35	37.873	74.827	768.701	6.514.821	4.250.000	0
	FEV	144,3	3.820.464	113,3	39	44.016	56.077	694.310	7.388.214	4.250.000	0
	MAR	66,1	1.745.265	107,6	39	41.809	25.667	768.701	5.210.422	4.250.000	0
	ABR	22,1	1.035.797	117,6	39	45.715	8.579	743.904	4.504.757	4.250.000	0
	MAI	4,6	756.706	131,7	39	51.189	1.806	768.701	4.188.622	4.188.622	0
	JUN	0,0	657.069	143,4	38	55.037	0	743.904	4.046.751	4.046.751	0
JUL	0,1	599.469	177,4	37	66.125	44	768.701	3.811.439	3.811.439	0	
AGO	0,0	513.398	215,4	35	76.251	0	768.701	3.479.885	3.479.885	0	

2003	SET	50,2	573.752	240,5	33	78.734	16.429	743.904	3.247.428	3.247.428	0
	OUT	41,0	456.277	232,4	31	71.678	12.640	768.701	2.875.966	2.875.966	0
	NOV	117,8	846.870	136,2	28	37.828	32.716	743.904	2.973.820	2.973.820	0
	DEZ	254,5	2.394.005	104,8	29	29.950	72.745	768.701	4.641.919	4.250.000	0
	JAN	216,5	3.231.448	108,1	39	41.997	84.131	768.701	6.754.882	4.250.000	0
	FEV	3,6	754.995	113,3	39	44.016	1.382	694.310	4.268.051	4.250.000	0
	MAR	54,3	840.151	107,6	39	41.809	21.082	768.701	4.300.723	4.250.000	0
	ABR	9,6	609.598	117,6	39	45.715	3.749	743.904	4.073.728	4.073.728	0
	MAI	6,4	554.027	131,7	37	49.369	2.406	768.701	3.812.090	3.812.090	0
	JUN	0,0	453.784	143,4	35	50.771	0	743.904	3.471.200	3.471.200	0
	JUL	0,0	400.228	177,4	33	57.958	0	768.701	3.044.769	3.044.769	0
	AGO	26,1	379.740	215,4	29	62.827	7.620	768.701	2.600.600	2.600.600	0
2004	SET	11,6	286.147	240,5	25	61.214	2.957	743.904	2.084.586	2.084.586	0
	OUT	14,6	293.389	232,4	21	48.884	3.062	768.701	1.563.453	1.563.453	0
	NOV	101,0	541.657	136,2	16	22.427	16.623	743.904	1.355.402	1.355.402	0
	DEZ	127,8	679.275	104,8	15	15.306	18.665	768.701	1.269.334	1.269.334	0
	JAN	170,5	1.268.833	108,1	14	14.950	23.584	768.701	1.778.100	1.778.100	0
	FEV	272,6	2.500.814	113,3	18	20.792	50.033	694.310	3.613.844	3.613.844	0
	MAR	180,6	2.997.567	107,6	34	36.383	61.074	768.701	5.867.401	4.250.000	0
	ABR	66,0	2.254.845	117,6	39	45.715	25.650	743.904	5.740.876	4.250.000	0
	MAI	0,1	835.856	131,7	39	51.189	51	768.701	4.266.017	4.250.000	0
	JUN	1,3	681.029	143,4	39	55.724	509	743.904	4.131.910	4.131.910	0
	JUL	5,3	666.109	177,4	38	67.313	2.026	768.701	3.964.032	3.964.032	0
	AGO	0,0	577.633	215,4	37	78.862	0	768.701	3.694.102	3.694.102	0
2005	SET	0,0	480.435	240,5	34	82.890	0	743.904	3.347.743	3.347.743	0
	OUT	92,0	735.711	232,4	32	73.586	29.113	768.701	3.270.280	3.270.280	0
	NOV	53,7	497.405	136,2	31	42.271	16.647	743.904	2.998.156	2.998.156	0
	DEZ	242,9	2.154.595	104,8	29	30.162	69.924	768.701	4.423.813	4.250.000	0
	JAN	175,1	2.267.797	108,1	39	41.997	68.028	768.701	5.775.128	4.250.000	0
	FEV	211,4	3.302.913	113,3	39	44.016	82.165	694.310	6.896.752	4.250.000	0
	MAR	104,3	3.393.006	107,6	39	41.809	40.547	768.701	6.873.043	4.250.000	0
	ABR	38,6	1.330.565	117,6	39	45.715	15.013	743.904	4.805.959	4.250.000	0
	MAI	16,3	1.094.898	131,7	39	51.189	6.335	768.701	4.531.343	4.250.000	0
	JUN	3,3	753.192	143,4	39	55.724	1.289	743.904	4.204.853	4.204.853	0
	JUL	0,0	697.926	177,4	39	68.327	0	768.701	4.065.751	4.065.751	0
	AGO	2,1	612.495	215,4	37	80.592	786	768.701	3.829.739	3.829.739	0
2006	SET	27,2	661.389	240,5	36	85.498	9.674	743.904	3.671.399	3.671.399	0
	OUT	22,3	517.510	232,4	34	79.676	7.656	768.701	3.348.188	3.348.188	0
	NOV	228,3	1.565.575	136,2	32	43.139	72.276	743.904	4.198.996	4.198.996	0
	DEZ	180,0	3.204.278	104,8	38	40.305	69.249	768.701	6.663.518	4.250.000	0
	JAN	13,2	1.144.564	108,1	39	41.997	5.122	768.701	4.588.989	4.250.000	0
	FEV	71,1	1.223.440	113,3	39	44.016	27.642	694.310	4.762.755	4.250.000	0
	MAR	217,1	2.817.465	107,6	39	41.809	84.367	768.701	6.341.322	4.250.000	0
	ABR	68,1	1.422.502	117,6	39	45.715	26.454	743.904	4.909.337	4.250.000	0
	MAI	1,2	754.872	131,7	39	51.189	479	768.701	4.185.462	4.185.462	0
	JUN	1,0	654.948	143,4	38	55.001	376	743.904	4.041.881	4.041.881	0
	JUL	0,0	605.137	177,4	37	66.057	0	768.701	3.812.260	3.812.260	0
	AGO	3,4	535.195	215,4	35	76.265	1.192	768.701	3.503.682	3.503.682	0
2007	SET	65,0	602.391	240,5	33	79.198	21.393	743.904	3.304.365	3.304.365	0
	OUT	91,0	813.282	232,4	31	72.762	28.481	768.701	3.304.665	3.304.665	0
	NOV	167,0	1.302.698	136,2	31	42.655	52.291	743.904	3.873.095	3.873.095	0
	DEZ	208,2	2.570.850	104,8	36	37.612	74.736	768.701	5.712.368	4.250.000	0
	JAN	96,1	1.743.689	108,1	39	41.997	37.363	768.701	5.220.355	4.250.000	0
	FEV	296,8	4.658.249	113,3	39	44.016	115.327	694.310	8.285.250	4.250.000	0
	MAR	15,9	1.455.421	107,6	39	41.809	6.180	768.701	4.901.091	4.250.000	0
	ABR	22,8	1.021.019	117,6	39	45.715	8.857	743.904	4.490.258	4.250.000	0
	MAI	3,4	772.597	131,7	39	51.189	1.305	768.701	4.204.012	4.204.012	0
	JUN	0,0	670.049	143,4	39	55.209	0	743.904	4.074.948	4.074.948	0
	JUL	1,2	607.444	177,4	37	66.519	450	768.701	3.847.624	3.847.624	0
	AGO	0,0	516.132	215,4	36	76.872	0	768.701	3.518.183	3.518.183	0
2008	SET	0,4	420.875	240,5	33	79.480	133	743.904	3.115.807	3.115.807	0
	OUT	12,9	402.559	232,4	30	69.161	3.827	768.701	2.684.331	2.684.331	0
	NOV	146,6	772.684	136,2	26	35.638	38.348	743.904	2.715.821	2.715.821	0
	DEZ	117,9	947.030	104,8	26	27.689	31.154	768.701	2.897.616	2.897.616	0
	JAN	83,6	736.101	108,1	28	30.201	23.359	768.701	2.858.174	2.858.174	0
	FEV	111,7	801.337	113,3	28	31.280	30.854	694.310	2.964.773	2.964.773	0
	MAR	187,4	1.750.904	107,6	29	30.668	53.410	768.701	3.969.718	3.969.718	0
	ABR	50,2	788.178	117,6	37	43.124	18.401	743.904	3.989.269	3.989.269	0
	MAI	2,1	465.881	131,7	37	48.492	774	768.701	3.638.732	3.638.732	0
	JUN	0,0	413.744	143,4	34	48.780	0	743.904	3.259.792	3.259.792	0
	JUL	0,0	375.907	177,4	31	54.900	0	768.701	2.812.099	2.812.099	0
	AGO	0,0	320.823	215,4	27	58.653	0	768.701	2.305.568	2.305.568	0
2009	SET	20,1	321.412	240,5	23	55.169	4.601	743.904	1.832.508	1.832.508	0
	OUT	1,7	234.702	232,4	19	43.777	324	768.701	1.255.057	1.255.057	0
	NOV	237,5	1.374.369	136,2	14	18.673	32.543	743.904	1.899.392	1.899.392	0
	DEZ	286,5	4.036.677	104,8	19	20.351	55.641	768.701	5.202.658	4.250.000	0
	JAN	255,7	7.951.338	108,1	39	41.997	99.377	768.701	11.490.017	4.250.000	0
	FEV	104,5	6.838.526	113,3	39	44.016	40.589	694.310	10.390.789	4.250.000	0
	MAR	164,7	4.958.156	107,6	39	41.809	64.004	768.701	8.461.650	4.250.000	0
	ABR	81,9	3.945.694	117,6	39	45.715	31.837	743.904	7.437.912	4.250.000	0
	MAI	7,0	1.573.109	131,7	39	51.189	2.721	768.701	5.005.941	4.250.000	0
	JUN	12,9	1.243.480	143,4	39	55.724	5.014	743.904	4.698.866	4.250.000	0
	JUL	0,3	954.785	177,4	39	68.952	109	768.701	4.367.240	4.250.000	0
	AGO	0,2	846.465	215,4	39	83.702	61	768.701	4.244.123	4.244.123	0
SET	12,1	742.517	240,5	39	93.357	4.689	743.904	4.154.068	4.154.068	0	
OUT	180,4	1.519.245	232,4	38	88.578	68.743	768.701	4.884.776	4.250.000	0	
NOV	67,1	980.191	136,2	39	52.944	26.069	743.904	4.459.412	4.250.000	0	

2010	DEZ	248,4	2.464.095	104,8	39	40.723	96.510	768.701	6.001.181	4.250.000	0
	JAN	83,6	1.790.900	108,1	39	41.997	32.488	768.701	5.262.690	4.250.000	0
	FEV	60,4	1.009.612	113,3	39	44.016	23.487	694.310	4.544.772	4.250.000	0
	MAR	219,2	2.624.384	107,6	39	41.809	85.184	768.701	6.149.058	4.250.000	0
	ABR	74,0	1.558.921	117,6	39	45.715	28.749	743.904	5.048.051	4.250.000	0
	MAI	36,4	1.078.717	131,7	39	51.189	14.154	768.701	4.522.982	4.250.000	0
	JUN	0,0	711.172	143,4	39	55.724	0	743.904	4.161.544	4.161.544	0
	JUL	0,0	664.084	177,4	38	67.725	0	768.701	3.989.201	3.989.201	0
	AGO	0,0	577.689	215,4	37	79.291	0	768.701	3.718.899	3.718.899	0
	SET	6,7	488.313	240,5	35	83.368	2.325	743.904	3.382.266	3.382.266	0
	OUT	55,7	575.036	232,4	32	74.240	17.775	768.701	3.132.135	3.132.135	0
	NOV	200,3	1.379.892	136,2	30	40.724	59.867	743.904	3.787.266	3.787.266	0
2011	DEZ	230,2	2.422.016	104,8	35	36.895	81.053	768.701	5.484.739	4.250.000	0
	JAN	100,9	2.286.673	108,1	39	41.997	39.222	768.701	5.765.197	4.250.000	0
	FEV	107,1	1.323.507	113,3	39	44.016	41.614	694.310	4.876.794	4.250.000	0
	MAR	250,8	4.052.905	107,6	39	41.809	97.477	768.701	7.589.872	4.250.000	0
	ABR	36,9	1.804.352	117,6	39	45.715	14.335	743.904	5.279.068	4.250.000	0
	MAI	0,5	872.816	131,7	39	51.189	207	768.701	4.303.133	4.250.000	0
	JUN	0,0	757.238	143,4	39	55.724	0	743.904	4.207.610	4.207.610	0
	JUL	0,0	707.035	177,4	39	68.365	0	768.701	4.077.579	4.077.579	0
	AGO	0,0	614.966	215,4	38	80.792	0	768.701	3.843.052	3.843.052	0
	SET	0,0	505.543	240,5	36	85.753	0	743.904	3.518.937	3.518.937	0
	OUT	92,0	649.427	232,4	33	76.819	30.415	768.701	3.353.259	3.353.259	0
	NOV	252,9	1.823.094	136,2	32	43.196	80.172	743.904	4.469.425	4.250.000	0
2012	DEZ	337,2	7.334.713	104,8	39	40.723	131.035	768.701	10.906.325	4.250.000	0
	JAN	194,6	11.727.421	108,1	39	41.997	75.634	768.701	15.242.358	4.250.000	0
	FEV	30,4	3.578.524	113,3	39	44.016	11.821	694.310	7.102.019	4.250.000	0
	MAR	69,6	2.108.727	107,6	39	41.809	27.037	768.701	5.575.254	4.250.000	0
	ABR	5,5	1.108.406	117,6	39	45.715	2.131	743.904	4.570.919	4.250.000	0
	MAI	27,4	1.101.801	131,7	39	51.189	10.659	768.701	4.542.571	4.250.000	0
	JUN	3,5	812.171	143,4	39	55.724	1.343	743.904	4.263.886	4.250.000	0
	JUL	0,0	736.388	177,4	39	68.952	0	768.701	4.148.735	4.148.735	0
	AGO	0,0	629.899	215,4	38	81.996	0	768.701	3.927.937	3.927.937	0
	SET	0,1	514.169	240,5	36	87.375	23	743.904	3.610.849	3.610.849	0
	OUT	6,6	471.009	232,4	34	78.544	2.225	768.701	3.236.838	3.236.838	0
	NOV	370,5	2.699.042	136,2	31	41.898	113.930	743.904	5.264.008	4.250.000	0
DEZ	77,4	1.408.650	104,8	39	40.723	30.091	768.701	4.879.318	4.250.000	0	
2013	JAN	166,5	1.712.090	108,1	39	41.997	64.698	768.701	5.216.090	4.250.000	0
	FEV	5,7	626.909	113,3	39	44.016	2.226	694.310	4.140.809	4.140.809	0
	MAR	101,9	1.147.997	107,6	38	40.890	38.742	768.701	4.517.957	4.250.000	0
	ABR	94,5	1.025.784	117,6	39	45.715	36.735	743.904	4.522.900	4.250.000	0
	MAI	1,9	577.216	131,7	39	51.189	750	768.701	4.008.076	4.008.076	0
	JUN	31,4	587.062	143,4	37	53.001	11.602	743.904	3.809.835	3.809.835	0
	JUL	0,0	459.829	177,4	35	62.792	0	768.701	3.438.172	3.438.172	0
	AGO	0,0	393.370	215,4	32	69.779	0	768.701	2.993.063	2.993.063	0
	SET	17,2	341.219	240,5	29	69.126	4.956	743.904	2.526.208	2.526.208	0
	OUT	72,2	558.787	232,4	25	57.689	17.928	768.701	2.276.533	2.276.533	0
	NOV	237,5	1.323.782	136,2	23	30.911	53.892	743.904	2.879.392	2.879.392	0
	DEZ	403,8	5.834.899	104,8	28	29.126	112.225	768.701	8.028.689	4.250.000	0
2014	JAN	24,3	2.485.432	108,1	39	41.997	9.443	768.701	5.934.177	4.250.000	0
	FEV	35,1	1.070.098	113,3	39	44.016	13.648	694.310	4.595.420	4.250.000	0
	MAR	87,2	1.657.958	107,6	39	41.809	33.873	768.701	5.131.321	4.250.000	0
	ABR	33,5	983.942	117,6	39	45.715	13.010	743.904	4.457.333	4.250.000	0
	MAI	0,0	682.987	131,7	39	51.189	0	768.701	4.113.098	4.113.098	0
	JUN	0,1	599.377	143,4	38	54.187	53	743.904	3.914.436	3.914.436	0
	JUL	0,0	541.618	177,4	36	64.268	0	768.701	3.623.085	3.623.085	0
	AGO	0,0	461.325	215,4	34	73.000	0	768.701	3.242.709	3.242.709	0
	SET	0,6	376.629	240,5	31	74.082	193	743.904	2.801.547	2.801.547	0
	OUT	29,8	392.126	232,4	27	63.087	8.101	768.701	2.369.986	2.369.986	0
	NOV	129,7	748.701	136,2	23	32.002	30.473	743.904	2.373.254	2.373.254	0
	DEZ	156,5	1.381.725	104,8	24	24.644	36.815	768.701	2.998.449	2.998.449	0
2015	JAN	6,9	406.648	108,1	29	31.108	1.998	768.701	2.607.286	2.607.286	0
	FEV	82,8	897.799	113,3	26	28.891	21.130	694.310	2.803.014	2.803.014	0
	MAR	86,0	759.158	107,6	27	29.215	23.364	768.701	2.787.620	2.787.620	0
	ABR	28,2	447.124	117,6	27	31.793	7.624	743.904	2.466.671	2.466.671	0
	MAI	9,0	384.449	131,7	24	32.028	2.194	768.701	2.052.585	2.052.585	0
	JUN	0,0	301.364	143,4	21	29.761	0	743.904	1.580.285	1.580.285	0
	JUL	0,0	268.376	177,4	17	29.473	0	768.701	1.050.487	1.050.487	0
	AGO	0,0	227.178	215,4	12	25.537	0	768.701	483.427	483.427	0
	SET	0,0	184.972	240,5	7	15.978	0	743.904	-91.483	0	falha
	OUT	14,9	188.644	232,4	2	4.874	312	768.701	-584.618	0	falha
	NOV	60,2	269.454	136,2	2	2.857	1.262	743.904	-476.045	0	falha
	DEZ	67,4	386.174	104,8	2	2.198	1.414	768.701	-383.310	0	falha
2016	JAN	321,5	2.097.027	108,1	2	2.266	6.741	768.701	1.332.801	1.332.801	0
	FEV	9,6	414.481	113,3	14	16.315	1.389	694.310	1.038.046	1.038.046	0
	MAR	35,0	435.632	107,6	12	12.634	4.109	768.701	696.452	696.452	0
	ABR	1,5	312.289	117,6	9	10.136	131	743.904	254.832	254.832	0
	MAI	2,1	297.072	131,7	5	5.934	93	768.701	-222.638	0	falha
	JUN	3,2	245.689	143,4	2	3.007	67	743.904	-501.155	0	falha
	JUL	0,0	214.576	177,4	2	3.721	0	768.701	-557.846	0	falha
	AGO	0,0	181.294	215,4	2	4.517	0	768.701	-591.924	0	falha
	SET	4,3	150.548	240,5	2	5.044	90	743.904	-598.310	0	falha
	OUT	85,1	305.698	232,4	2	4.874	1.784	768.701	-466.093	0	falha
	NOV	107,6	455.752	136,2	2	2.857	2.256	743.904	-288.753	0	falha
	DEZ	103,7	633.886	104,8	2	2.198	2.174	768.701	-134.839	0	falha
2017	JAN	36,5	465.105	108,1	2	2.266	765	768.701	-305.098	0	falha
	FEV	181,4	1.267.303	113,3	2	2.375	3.805	694.310	574.422	574.422	0

	MAR	124,1	1.391.972	107,6	7	8.056	9.291	768.701	1.198.929	1.198.929	0
	ABR	2,1	369.823	117,6	13	15.528	277	743.904	809.598	809.598	0
	MAI	8,7	399.812	131,7	10	12.721	844	768.701	428.832	428.832	0
	JUN	0,0	335.661	143,4	6	8.796	0	743.904	11.793	11.793	0
	JUL	0,9	308.307	177,4	2	3.920	21	768.701	-452.499	0	falha
	AGO	0,0	263.911	215,4	2	4.517	0	768.701	-509.306	0	falha
	SET	0,0	216.083	240,5	2	5.044	0	743.904	-532.865	0	falha
	OUT	7,0	199.975	232,4	2	4.874	147	768.701	-573.453	0	falha
	NOV	125,3	644.823	136,2	2	2.857	2.628	743.904	-99.310	0	falha
	DEZ	244,0	1.676.708	104,8	2	2.198	5.117	768.701	910.927	910.927	0
2018	JAN	40,8	658.232	108,1	11	11.439	4.316	768.701	793.335	793.335	0
	FEV	364,1	3.635.081	113,3	10	10.769	34.616	694.310	3.757.952	3.757.952	0
	MAR	103,0	2.403.623	107,6	35	37.628	36.014	768.701	5.391.262	4.250.000	0
	ABR	12,6	889.153	117,6	39	45.715	4.899	743.904	4.354.434	4.250.000	0
	MAI	14,4	742.802	131,7	39	51.189	5.592	768.701	4.178.504	4.178.504	0
	JUN	0,0	600.340	143,4	38	54.923	0	743.904	3.980.017	3.980.017	0
	JUL	0,0	560.163	177,4	37	65.190	0	768.701	3.706.289	3.706.289	0
	AGO	0,3	485.870	215,4	35	74.440	98	768.701	3.349.117	3.349.117	0
	SET	2,6	403.242	240,5	32	76.176	838	743.904	2.933.118	2.933.118	0
	OUT	63,9	621.502	232,4	28	65.641	18.047	768.701	2.738.325	2.738.325	0
	NOV	115,4	914.931	136,2	27	36.257	30.710	743.904	2.903.805	2.903.805	0
	DEZ	139,2	1.082.010	104,8	28	29.339	38.970	768.701	3.226.744	3.226.744	0
						17.780.292				Falhas:	18

Regularizada (m3/s)

0,287

Número de falhas:	18
Atendimento: (%)	95,0

360 meses

	<p>Tipo de Documento: Relatório Técnico</p> <p>P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO</p>	
<p>ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE</p>		

Apêndice 5⁴: Estudo de Disponibilidade Hídrica, com aplicação do Modelo Chuva-Vazão MGB

⁴ O Apêndice 5 corresponde a NT-01 proposta no Plano de Trabalho, e elaborada durante o trabalho, para apresentar os Estudos de Disponibilidade Hídrica, através da modelagem chuva-vazão, com aplicação do modelo MGB.

	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Discretização da bacia (a) em sub-bacias (b) e minibacias (c).....	6
Figura 1.2 – Exemplo de elaboração de um mapa de Unidades de Resposta Hidrológicas (URH) a partir da combinação de mapas de tipo e uso do solo.	6
Figura 1.3 – Balanço de água vertical e horizontal simulados em cada minibacia.	8
Figura 2.1 – Distribuição espacial dos postos pluviométricos utilizados para a aplicação do modelo MGB.....	10
Figura 2.2 – Distribuição espacial dos postos fluviométricos utilizados para a calibração do modelo MGB.....	11
Figura 2.3 – Disponibilidade temporal das estações fluviométricas com dados na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande.....	12
Figura 2.4 – MDE do SRTM (30 m) para a região do Verde Grande e a rede hidrográfica e limite da bacia da base de dados BHO-5K.....	15
Figura 2.5 – Comparação entre a rede de drenagem gerada a a partir do MDE com o IPH-Hydro Tools e a da BHO-5K.	17
Figura 2.6 – Limites da bacia hidrográfica da BHO-5K e daquela gerada a partir do MDE com o IPH-Hydro Tools.	18
Figura 2.7 – Minibacias geradas pelo IPH-Hydro Tools	21
Figura 2.8 – Mapa de sub-bacias definidas para aplicação do MGB e dos postos fluviométricos com dados.....	22
Figura 2.9 – Mapa de sub-bacias e dos barramentos existentes e propostos para incremento da disponibilidade hídrica.....	23
Figura 2.10 – Mapa de uso do solo reclassificado para criação das URHs.	26
Figura 2.11 – Mapa de tipo de solo reclassificado para criação das URHs.	27
Figura 2.12 – Mapa de URHs gerado a partir da sobreposição das informações de tipo e uso do solo.....	28
Figura 2.13 – Gráfico das informações de largura plotadas versus as áreas de drenagem de cada estação de descarga	30
Figura 2.14 – Gráfico das informações de profundidade plotadas versus as áreas de drenagem de cada estação de descarga.	31
Figura 2.15 – Largura versus profundidades obtidas a partir das estações de descarga.....	32
Figura 2.16 – Área de drenagem versus larguras medidas manualmente com o Google Earth®.	32
Figura 2.17 – Locais e larguras levantadas através de medições manuais utilizando o Google Earth®.	33
Figura 2.18 – Mapa com a localização das estações climatológicas utilizadas para modelagem.	35
Figura 2.19 – Métricas de desempenho Nash obtidas na localização dos postos fluviométricos utilizados no processo de calibração.	39
Figura 2.20 – Métricas de desempenho Nash-log obtidas na localização dos postos fluviométricos utilizados no processo de calibração.	40

	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

Figura 2.21 – Erros volumétricos obtidos na localização dos postos fluviométricos utilizados no processo de calibração.	41
Figura 2.22 – Hidrogramas observados e simulados para a estação 44600000	42
Figura 2.23 – Zoom sobre os hidrogramas observados e simulados para a estação 4460000043	44
Figura 2.24 – Hidrogramas observados e simulados para a estação 44350000	44
Figura 2.25 – Zoom sobre os hidrogramas observados e simulados para a estação 4435000044	45
Figura 2.26 – Hidrogramas observados e simulados para a estação 44640000	45
Figura 2.27 – Zoom sobre os hidrogramas observados e simulados para a estação 4464000045	46
Figura 2.28 – Hidrogramas observados e simulados para a estação 44670000	46
Figura 2.29 – Zoom sobre os hidrogramas observados e simulados para a estação 4467000047	48
Figura 2.30 – Hidrogramas observados e simulados para a estação 44890000	48
Figura 2.31 – Zoom sobre os hidrogramas observados e simulados para a estação 4489000048	49
Figura 2.32 – Hidrogramas observados e simulados para a estação 44770000	49
Figura 2.33 – Zoom sobre os hidrogramas observados e simulados para a estação 4477000049	51
Figura 2.34 – Hidrogramas observados e simulados para a estação 44850100	51
Figura 2.35 – Zoom sobre os hidrogramas observados e simulados para a estação 4485010051	52
Figura 2.36 – Hidrogramas observados e simulados para a estação 44950000	52
Figura 2.37 – Zoom sobre os hidrogramas observados e simulados para a estação 4495000053	56
Figura 2.38 – Divisão das sub-bacias após inclusão da Sub-bacia 9.....	56
Figura 2.39 – Hidrogramas simuladas e observados com relação à estação fluviométrica 44630000.....	57
Figura 2.40 – Hidrogramas simuladas e observados com relação à estação fluviométrica 44640000.....	58
Figura 2.41 – Hidrogramas simuladas e observados com relação à estação fluviométrica 44670000.....	58

	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 - Classificação original do uso do solo da base de dados e reclassificação para compor as URHs	24
Quadro 2.2 - Tipos de solo originais da base e reclassificação para criação das URHs.	24
Quadro 2.3 - Informações básicas das estações de resumo de descarga selecionadas na bacia	30
Quadro 2.4 - Lista de estações climatológicas a partir das quais foram utilizadas as Normais para aplicação no MGB	34
Quadro 2.5 - Parâmetros fixos da vegetação adotados para aplicação do modelo	36
Quadro 2.6 - Métricas de desempenho obtidas após a calibração do modelo MGB	53
Quadro 2.7 - Medidas de desempenho na primeira calibração e na segunda após inclusão da Sub-bacia 9. Valores em vermelho são os que houve piora com relação à primeira calibração e, em azul, quando houve melhora.	55
Quadro 2.8 - Comparação entre as vazões de referência Q_{95} apresentadas no MR e as geradas pelo MGB após a segunda etapa de calibração	60

	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	5
1 DESCRIÇÃO DO MODELO MGB	5
2 APLICAÇÃO DO MODELO MGB	9
2.1 Fonte de Dados para Modelagem.....	9
2.2 Pré-processamento da Base de Dados para Modelagem.....	13
2.3 Aplicação do Modelo MGB e Resultados Gerados.....	34
2.3.1 Estação Fluviométrica 44600000	42
2.3.2 Estação fluviométrica 44350000	43
2.3.3 Estação fluviométrica 44640000	44
2.3.4 Estação fluviométrica 44670000	45
2.3.5 Estação fluviométrica 44890000	47
2.3.6 Estação fluviométrica 44770000	48
2.3.7 Estação fluviométrica 44850100	50
2.3.8 Estação fluviométrica 44950000	51
2.4 Considerações sobre a primeira calibração e realização da segunda calibração.....	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61
APÊNDICE	63

	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

APRESENTAÇÃO

Este Apêndice corresponde a Nota Técnica 01, proposta no Plano de Trabalho, e elaborada durante os Estudos de Incremento da Oferta Hídrica, tratando dos **Estudos de Disponibilidade Hídrica** da Bacia do Verde Grande, através da utilização de modelagem chuva-vazão, com aplicação do Modelo MGB.

1 DESCRIÇÃO DO MODELO MGB

Para a modelagem dos rios da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, com objetivo de dar suporte para a modelagem dos reservatórios propostos e do balanço hídrico da bacia, foi utilizado o modelo chuva-vazão denominado Modelo Hidrológico de Grandes Bacias (MGB), desenvolvido no Instituto de Pesquisas Hidráulicas e descrito por Collischonn et al. (2007). O modelo já foi aplicado com sucesso em estudos de previsão hidrológica, nas avaliações das mudanças climáticas e do uso e cobertura do solo, bem como para o desenvolvimento de modelos hidrodinâmicos de rios e lagos (Collischonn et al., 2005; Nóbrega, et al., 2011; Bravo et al., 2012; Buarque et al., 2012; Paiva et al., 2011, 2012, 2013; Fan et al., 2014b, 2015 a, b, c, 2016, 2017; Fleischmann et al., 2019a, b, c).

O MGB é um modelo conceitual, semi-distribuído que funciona de forma integrada à softwares livres de SIG (MapWindow e QGIS) para aplicação desde as etapas de pré-processamento (Siqueira et al., 2016) ao pós-processamento, e visualização dos resultados. Para a aplicação do modelo é feita a discretização da área de estudo, ou seja, da bacia em sub-bacias para calibração do modelo, e em minibacias que são cruzadas com as chamadas Unidades de Respostas Hidrológicas (URHs). Estas URHs são áreas de comportamento hidrológico semelhante que são geradas, tradicionalmente, através da combinação de mapas de uso e tipo de solo. A informação do tipo de solo auxilia na determinação da capacidade deste de armazenar água, de maneira que solos considerados “rasos” teriam uma resposta rápida na geração de escoamento em eventos de chuva, mas seriam incapazes de fornecer volumes grandes de água para a rede em épocas de estiagem, tendo em vista seu baixo armazenamento. O inverso seria observado para solos de alta capacidade de armazenamento, considerados “profundos”. Já a informação do uso do solo é importante para determinação das taxas de

Elaborado por: 	Nº da revisão: 02	Código do Documento: Apêndice 5 - Aplicação MGB_REV02	5/67
---	-------------------------	--	------

evapotranspiração, por exemplo, que constituem um importante processo do ciclo hidrológico.

Ao realizar o cruzamento destes dados com as minibacias, é possível que o modelo realize os cálculos dos balanços verticais de energia e massa, além da propagação da vazão gerada entre as minibacias. A Figura 1.1 – apresenta a representação do processo de discretização da bacia hidrográfica para aplicação do modelo. Já a Figura 1.2 apresenta um exemplo de elaboração do mapa de URHs.



Figura 1.1 – Discretização da bacia (a) em sub-bacias (b) e minibacias (c).

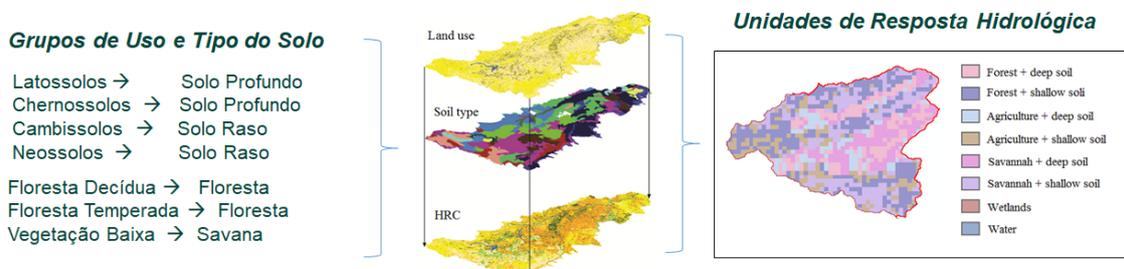


Figura 1.2 – Exemplo de elaboração de um mapa de Unidades de Resposta Hidrológicas (URH) a partir da combinação de mapas de tipo e uso do solo.

O modelo simula o balanço no solo e na água em cada URH, incluindo a evapotranspiração, escoamento superficial, subsuperficial e subterrâneo, e escoamento na rede de drenagem. Os volumes escoados em cada URH dentro de cada minibacia são somados, propagados até a rede fluvial e armazenados em reservatórios lineares simples (superficial, subsuperficial e subterrâneo). Os principais processos envolvidos são calculados da seguinte maneira:

	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

- Interceptação na copa: baseia-se no Índice de Área Foliar (IAF);
- Evapotranspiração: usa a equação de Penman-Monteith;
- Geração de escoamento superficial: utiliza relações matemáticas de acordo com a quantidade de água disponível no solo:

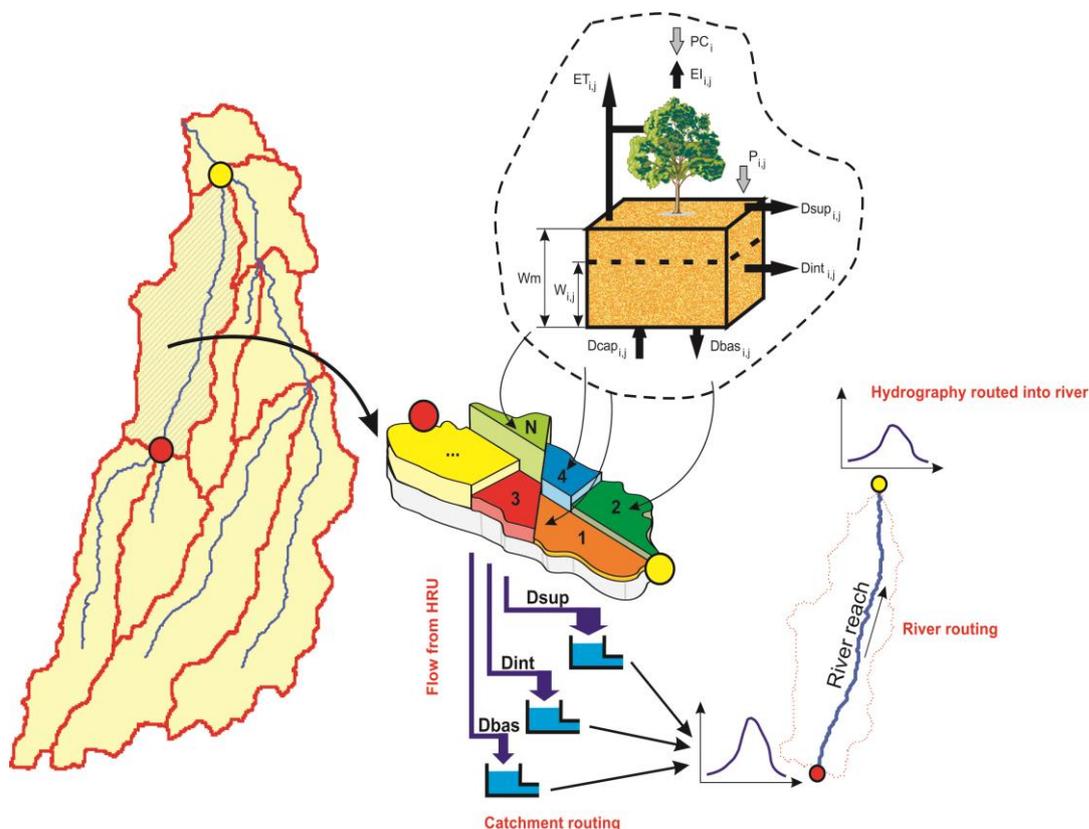
oEscoamento superficial (D_{sup}): escoamento rápido baseado no modelo Arno;

oVazão sub-superficial (D_{int}): escoamento intermediário que utiliza uma função não-linear baseada na equação de Brooks-Corey;

oVazão subterrânea (D_{bas}): escoamento lento que utiliza uma equação linear.

A vazão que chega ao trecho de rio de cada minibacia é calculada através da soma do escoamento resultante dos três reservatórios, a qual é direcionada à minibacia de jusante que, por sua vez, é propagada na rede de drenagem. Podem ser utilizados no modelo MGB o método de Muskingum-Cunge ou o método Inercial para a propagação de vazões. Esse último utiliza o conjunto de equações de Saint-Venant, mas suprime deste apenas do termo da inércia advectiva (Bates et al., 2010). Já o método de Muskingum-Cunge se restringe à equação da continuidade e aos termos da gravidade e atrito do mesmo conjunto de equações.

A Figura 1 3 apresenta o esquema do balanço de água no solo adotado no modelo MGB para cada URH em cada minibacia.



Fonte: Adaptado de Collischonn (2001)

Figura 1.3 – Balanço de água vertical e horizontal simulados em cada minibacia.

O método de propagação do escoamento escolhido para ser utilizado na modelagem da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande foi o Muskingum-Cunge, um método simples, de baixo custo computacional e que já foi aplicado com sucesso nas bacias do rio Taquari-Antas (RS), Taquari (MS), Uruguai (Collischonn et al., 2007) e Piancó (PB) (Felix; Paz, 2016), notando-se a grande facilidade de implementação em qualquer bacia hidrográfica.

No presente estudo, foi utilizada a versão 4.2 do MGB, integrada ao software QGIs, disponível no site do Grupo de Pesquisa de Hidrologia de Grande Escala (HGE) através do link: <https://www.ufrgs.br/hge/mgb/downloads/>.

	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

2 APLICAÇÃO DO MODELO MGB

Este item tem como objetivo apresentar as fontes de dados, o pré-processamento dos dados de entrada e os resultados da aplicação do modelo MGB. Os resultados do modelo foram utilizados para os cálculos das vazões operacionais dos reservatórios propostos para a Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande e também para a modelagem do balanço hídrico da bacia através do modelo WARM-GIS.

2.1 Fonte de Dados para Modelagem

O dado de entrada principal para começar a discretização da bacia hidrográfica é o Modelo Digital de Elevação (MDE). Para o presente estudo foi utilizado aquele da missão SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), com resolução espacial de 30 metros e resolução vertical de 1m.

É também a partir do MDE que é gerada a rede de drenagem da bacia hidrográfica e de onde serão retirados atributos desta, como comprimento e declividade de cada trecho. Para criar uma rede mais próxima possível da real, foi utilizado como base de comparação e ajuste do MDE a rede de drenagem disponibilizada pela ANA denominada BHO-5K. Esta possui atributos diversos como comprimento dos trechos, áreas a montante e nomenclatura dos rios.

Para a composição das URHs foram utilizados os mapas geológicos e de uso e cobertura do solo disponíveis no PRH-Verde Grande. Estes mapas são muito bem detalhados tanto espacialmente quanto na classificação utilizadas para descrever as características existentes na bacia.

Para aplicação do modelo e comparação e calibração dos resultados obtidos foram utilizados os dados existentes até a data mais recente de precipitação diária de 183 postos pluviométricos, disponibilizados diretamente pela ANA, e informações de vazão de 12 postos fluviométricos, obtidas através do portal Hidroweb. A Figura 2.1 apresenta a espacialização sobre a bacia dos postos pluviométricos utilizados, enquanto a Figura 2.2 a dos dados fluviométricos.

Elaborado por: 	N° da revisão: 02	Código do Documento: Apêndice 5 - Aplicação MGB_REV02	9/67
---	-------------------------	--	------

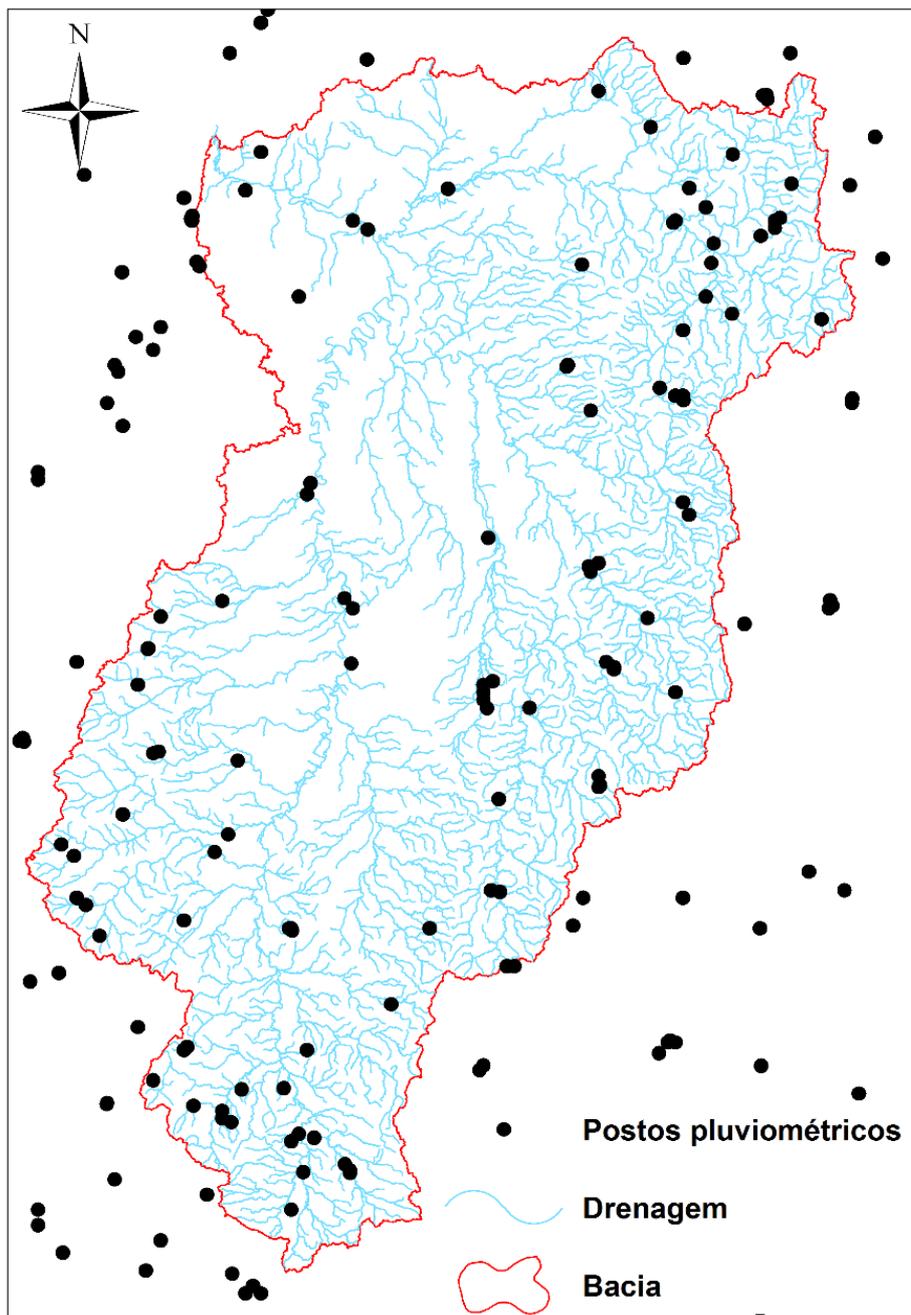


Figura 2.1 – Distribuição espacial dos postos pluviométricos utilizados para a aplicação do modelo MGB

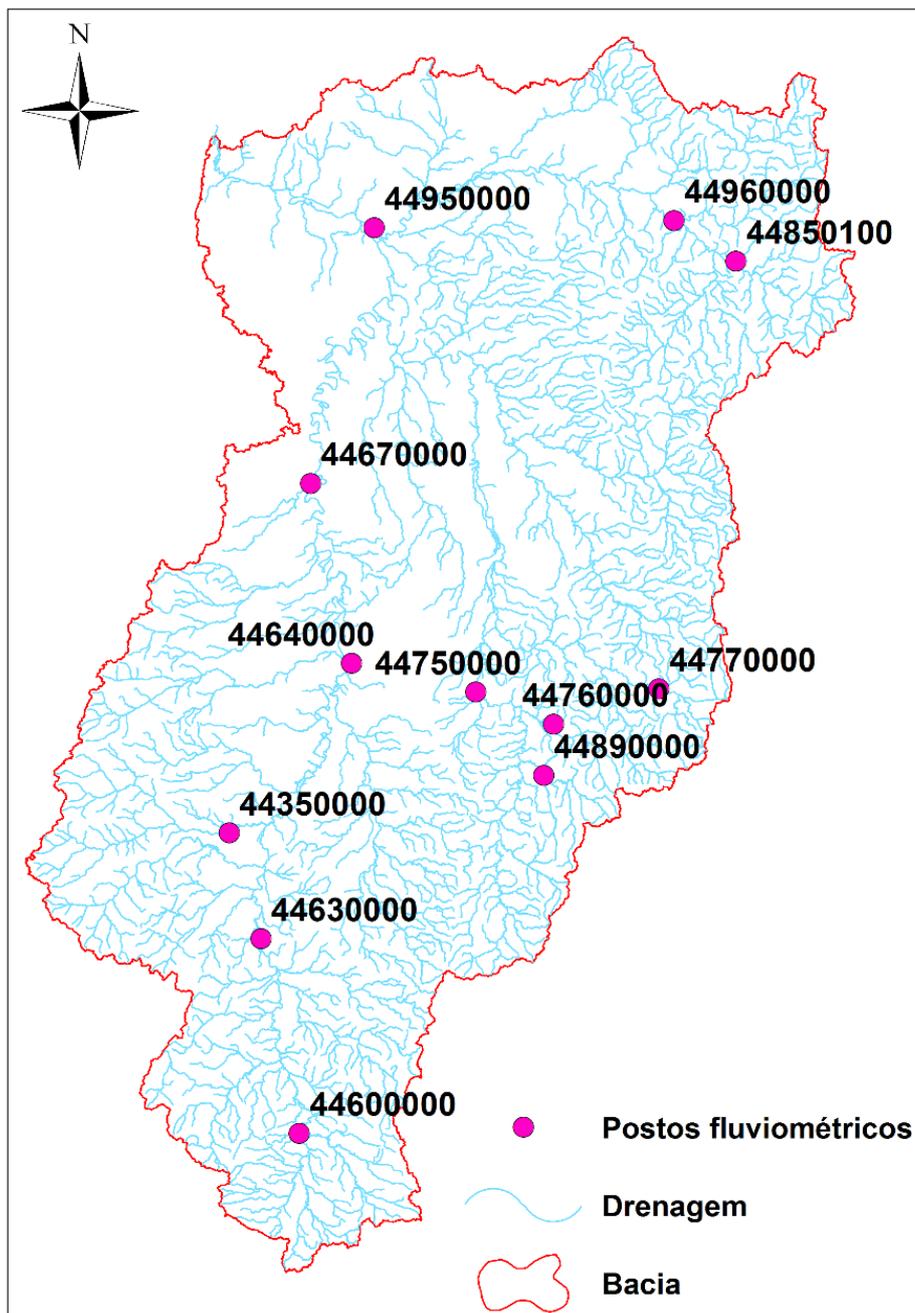


Figura 2.2 – Distribuição espacial dos postos fluviométricos utilizados para a calibração do modelo MGB.

A Figura 2.3 apresenta o gráfico com a disponibilidade temporal das estações fluviométricas utilizadas. Observa-se que a grande maioria das estações possui dados apenas a partir do ano 2000.

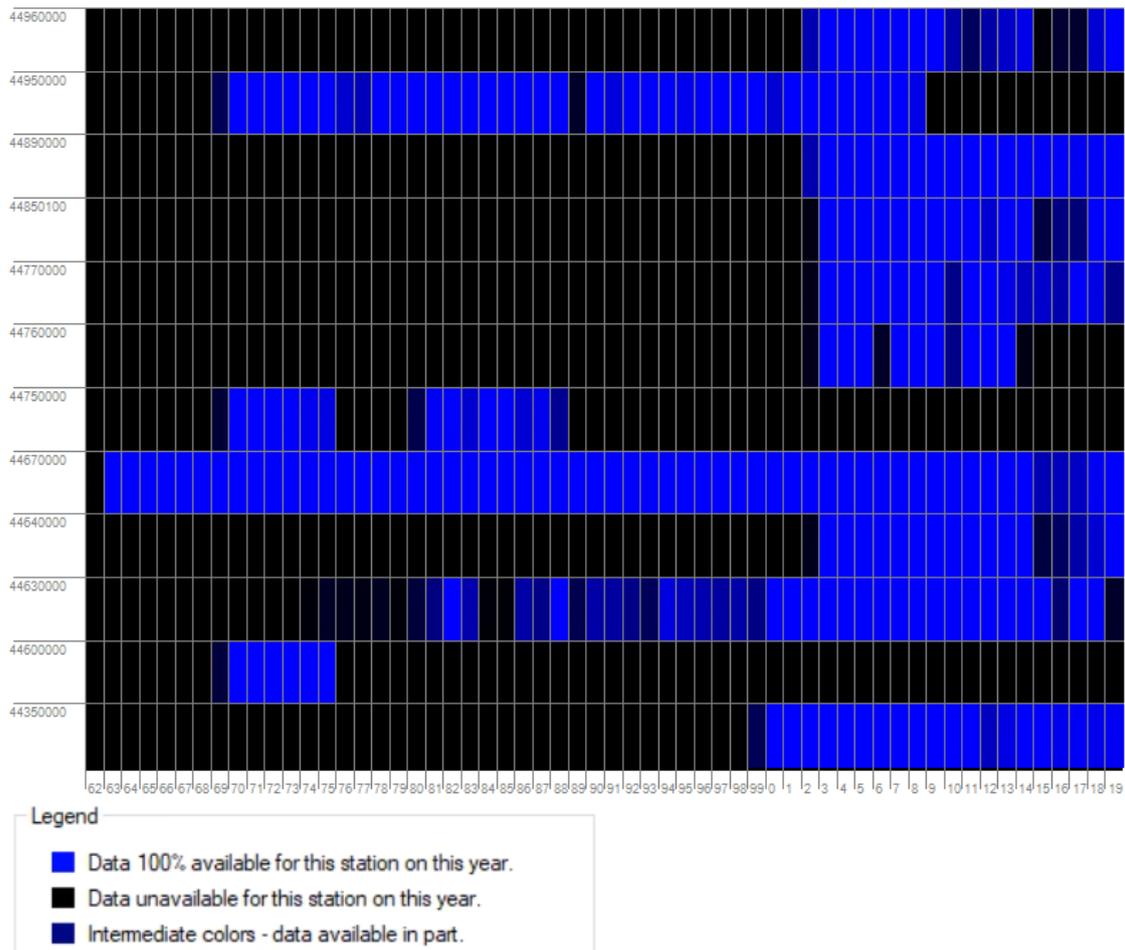


Figura 2.3 – Disponibilidade temporal das estações fluviométricas com dados na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande.

Também foram utilizados dados meteorológicos (temperatura, umidade do ar, pressão atmosféricos e insolação) obtidos diretamente no banco de dados interno do MGB-IPH, o qual apresenta um conjunto de normais climatológicas de 1960 a 1990, calculadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para todo o Brasil (Fan e Collischonn, 2014). Esses dados são usados para calcular a evapotranspiração através do método de *Penman-Monteith* nas URHs de cada minibacia.

	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

2.2 Pré-processamento da Base de Dados para Modelagem

Conforme descrito anteriormente, toda aplicação do modelo MGB requer a geração prévia de arquivos que descrevem as características do relevo dentro da bacia hidrográfica de interesse, bem como a discretização desta em unidades menores de cálculo onde são realizados os balanços verticais de massa e energia e a propagação da vazão entre as minibacias. Essas, nada mais são do que áreas de contribuição ao longo de trechos segmentados da rede de drenagem, que podem ser definidos entre confluências ou mesmo a cada extensão pré-definida.

Para gerar todos estes arquivos, são utilizados Modelos Digitais de Elevação a partir dos quais serão definidos:

- As direções de fluxo de cada célula que compõe o MDE;
- O fluxo acumulado entre essas células, ou seja, para cada uma são contabilizadas quantas células drenam para essa a partir das direções de fluxo;
- A rede de drenagem que constitui a bacia, sendo os limites das cabeceiras dessa definidas por critério adotado pelo usuário;
- A delimitação dos limites da bacia a partir do MDE;
- A segmentação da rede de drenagem para dar origem às minibacias;
- A definição opcional de sub-bacias para auxiliar na calibração do modelo.

Para facilitar a criação de todos esses arquivos, foi desenvolvido, por Siqueira et al. (2015), um pacote de ferramentas denominado IPH-Hydro Tools, que processa o MDE para gerar todos os arquivos citados.

Para o desenvolvimento do presente documento, foi adotado o MDE do SRTM com resolução espacial de 30 metros. Esse modelo vem sendo utilizado em diversas aplicações do modelo MGB com sucesso, sendo, inclusive, adotado aquele de resolução de 90 metros para grandes bacias e ainda assim com excelentes resultados.

Contudo, antes de utilizar o IPH-Hydro Tools, foi aplicada, primeiramente, uma ferramenta disponível no software ArcGis®, chamada *Stream Burning*. Essa, como

Elaborado por: 	Nº da revisão: 02	Código do Documento: Apêndice 5 - Aplicação MGB_REV02	13/67
---	-------------------------	--	-------

	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

o próprio nome sugere, “queima” o MDE através da sobreposição a esse de um arquivo vetorial do tipo *shape* de linhas e baixa a cota das células que se encontram abaixo do *shape*. Isso é feito para forçar que as direções de fluxo drenem em direção a esta zona de cotas mais baixas, garantindo posteriormente que a rede de drenagem definida a partir do MDE fique similar ao *shape* utilizado para realizar o *Stream Burning*.

Conforme descrito no Capítulo 5, a rede a partir do qual este trabalho tomou como base foi aquela fornecida pela ANA para a Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, denominada BHO-5K. A mesma base de arquivos da ANA também possui os limites da bacia hidrográfica de interesse, que foi utilizada para comparação com a gerada, a partir do MDE. Assim, o *shape* da rede da BHO-5K foi utilizado para fazer o processo de “queima” do MDE. A Figura 2.4 apresenta o MDE do SRTM (30 m) para a região do Verde Grande, bem como a rede hidrográfica e limite da bacia da base de dados BHO-5K.

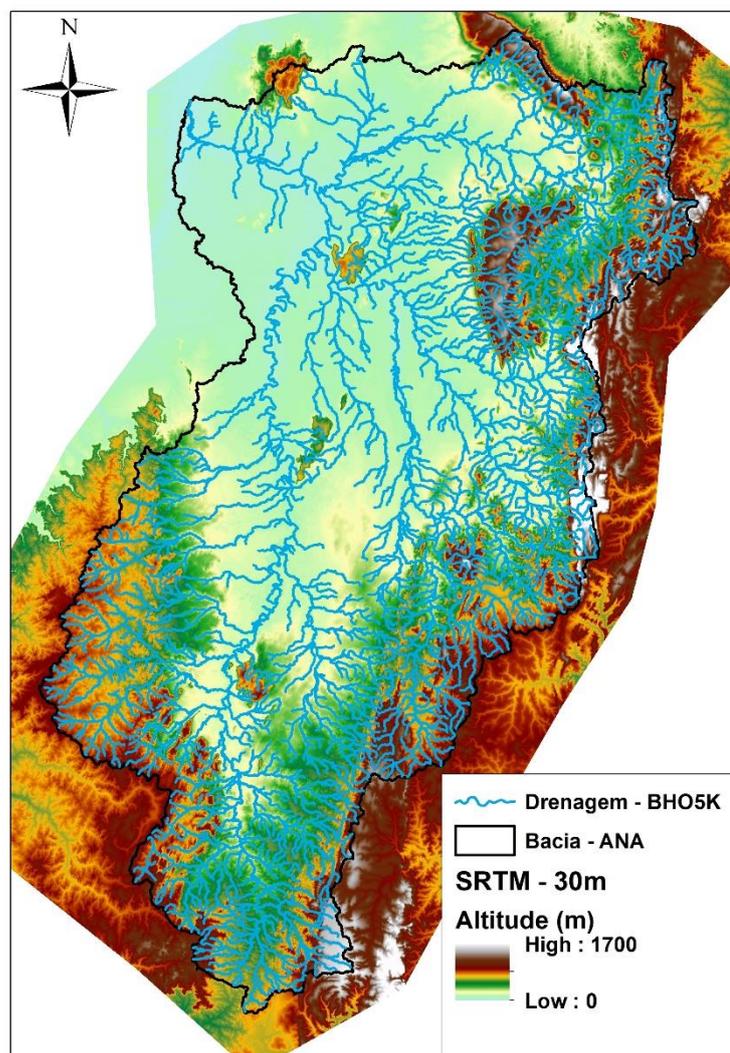


Figura 2.4 – MDE do SRTM (30 m) para a região do Verde Grande e a rede hidrográfica e limite da bacia da base de dados BHO-5K.

Uma vez trabalhado o MDE, pode-se passar à aplicação do pacote de ferramentas IPH-Hydro Tools para discretização da bacia. O primeiro passo foi realizar a remoção de depressões do MDE, que são células ou conjunto de células que possuem cota inferior a todas suas vizinhas, não sendo possível definir previamente direções de fluxo a partir do critério de declividade em direção a essas. Para realizar essa remoção de depressões, foi utilizada a ferramenta *Sink and Destroy* do IPH-Hydro Tools e adotando-se a metodologia de remoção denominada *Modify Heuristic Search* (MHS), desenvolvida por Siqueira et al. (2015). A mesma

	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

ferramenta já gera também o arquivo com as direções de fluxo de cada célula do MDE.

A partir do arquivo das direções de fluxo, foi obtido o arquivo com a informação no número de células a montante de cada, denominado fluxo acumulado. Com este arquivo pode-se então definir a partir de qual valor de área a montante das cabeceiras a rede de drenagem passaria a ser considerada.

Para definir esse limiar de início das cabeceiras da rede, foram realizados testes para que estes limites ficassem o mais próximo possível àqueles da rede da BHO-5K. Após a geração de alguns resultados, constatou-se que a utilização de 2km² de área a montante forneceria os melhores resultados em termos de similaridade e ramificação da rede gerada. A Figura 2.5 apresenta a rede de drenagem gerada pelo IPH-Hydro Tools sobreposta àquela da BHO-5K. Nota-se como a rede de drenagem gerada a partir do MDE ficou muito próxima aquela oficial, sendo diferenças observadas apenas nas cabeceiras da rede, que não influem nos resultados da modelagem com o MGB.

Com a rede de drenagem em mãos, foi possível definir o ponto do exutório da bacia e delimitar a mesma com o IPH-Hydro Tools. O exutório foi marcado bem próximo à confluência com o rio São Francisco. A comparação entre a bacia gerada pelo pacote de ferramentas e a da BHO-5K é apresentada na Figura 2.6. Observam-se poucas diferenças entre as duas, sendo essas restritas à parte baixa do rio Verde Grande em decorrência da baixa discretização nessa região da rede de drenagem da BHO-5K, utilizada no *Stream Burning*.

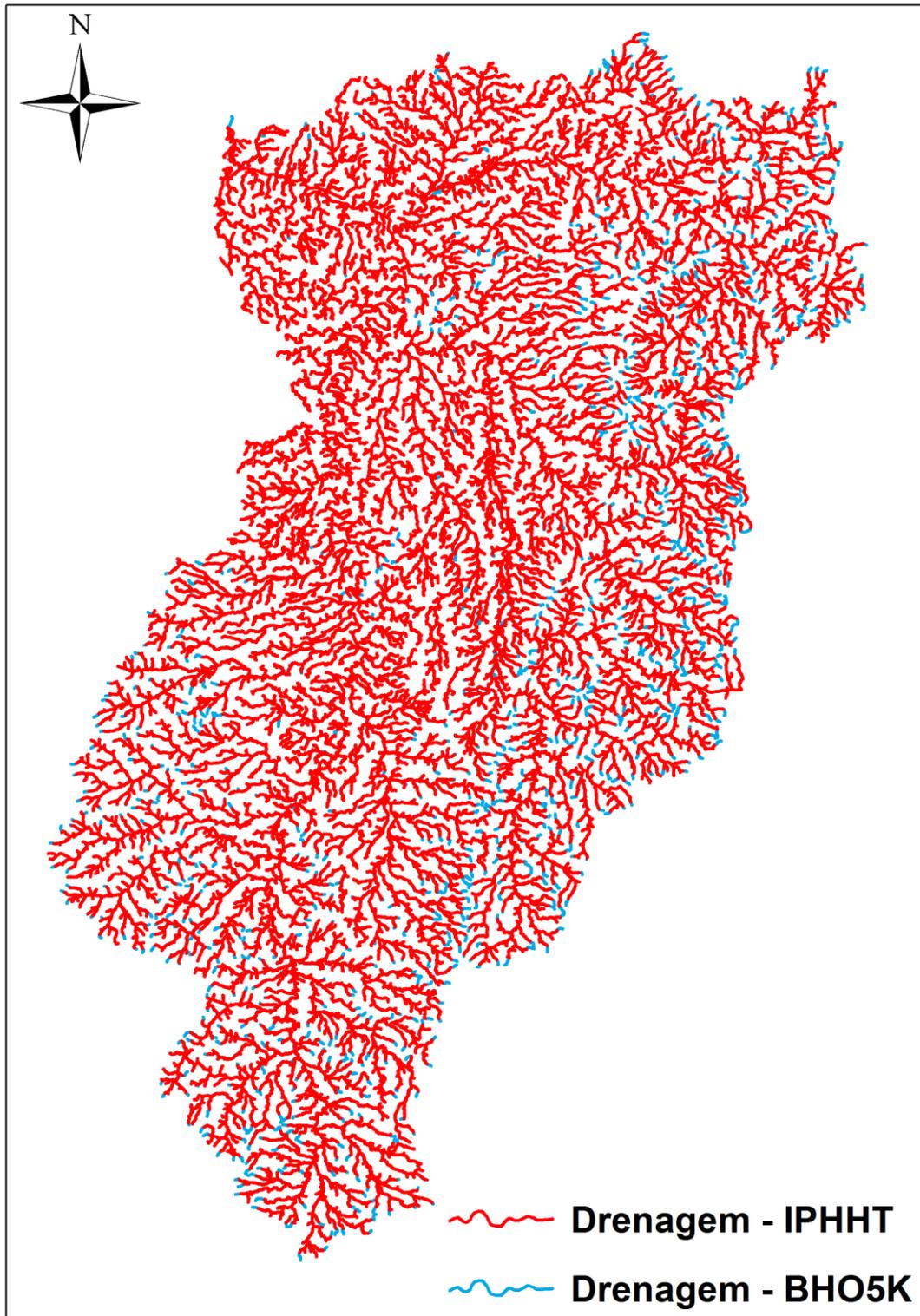


Figura 2.5 – Comparação entre a rede de drenagem gerada a a partir do MDE com o IPH-Hydro Tools e a da BHO-5K.

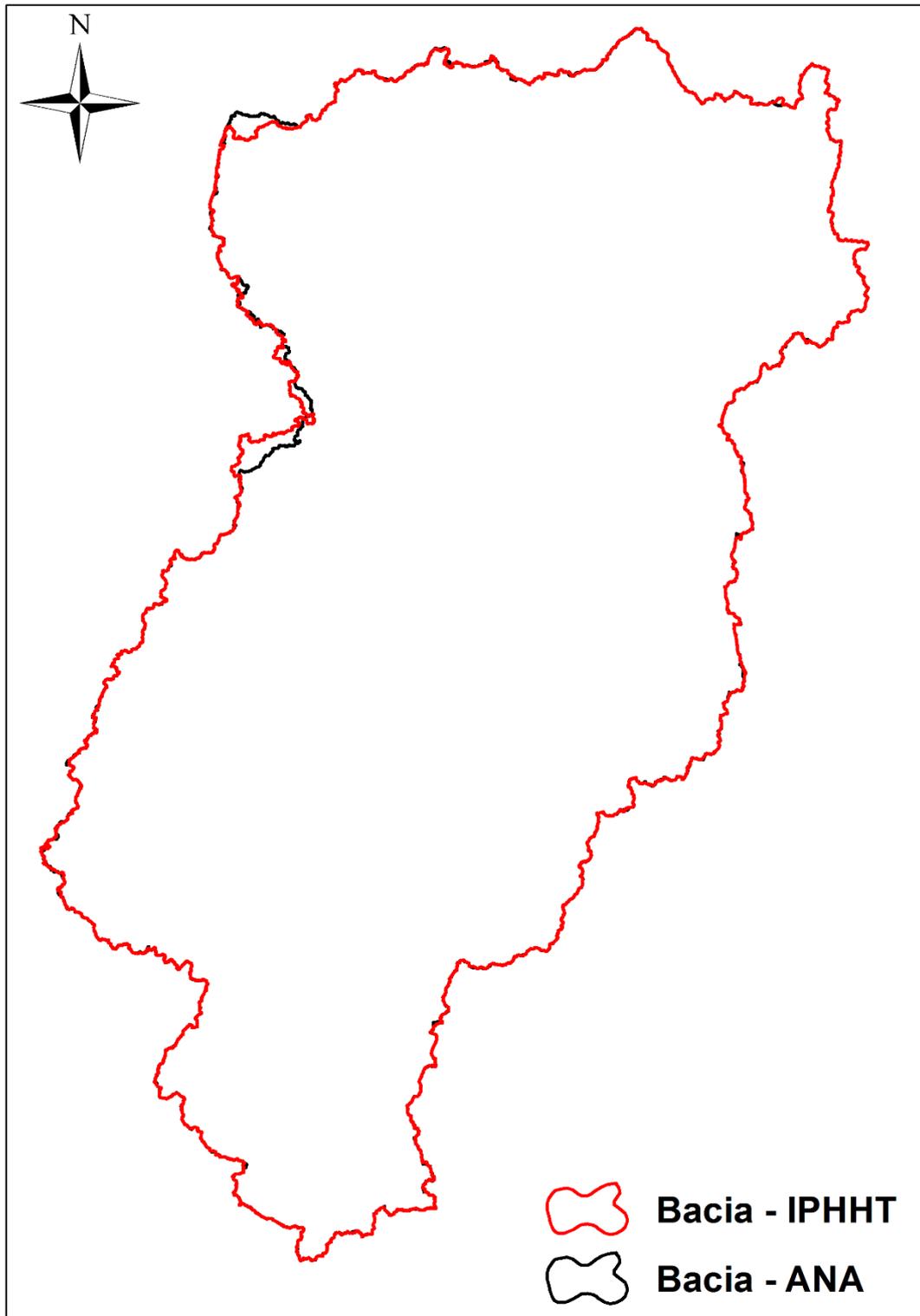


Figura 2.6 – Limites da bacia hidrográfica da BHO-5K e daquela gerada a partir do MDE com o IPH-Hydro Tools.

	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

Com a rede de drenagem definida, também foi possível segmentar a mesma para a posterior delimitação das minibacias. A fim de evitar instabilidades no modelo MGB, principalmente se adotado o método inercial de propagação de vazões, é aconselhável segmentar a rede em trechos relativamente curtos. Assim, foi adotada a extensão de a cada 2km para segmentação da rede drenagem.

Com a rede segmentada foi criado o arquivo de minibacias que, com a segmentação escolhida, gerou ao todo 11.453 minibacias. A Figura 2.7 apresenta estas minibacias, para que se tenha uma ideia do tamanho dessas frente à bacia como um todo.

Conforme comentado, o MGB permite a utilização de uma terceira unidade espacial além da bacia e minibacias, que são as sub-bacias. Essas, de uso opcional, servem para definir um mesmo conjunto de parâmetros para todas as minibacias contidas em cada sub-bacia a fim de melhorar o processo de calibração.

Conforme informado, a Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande vem passando por um intenso processo de aumento do uso da água em virtude do seu uso na irrigação. Este processo também ocasiona mudanças perceptíveis no uso da terra. Como o objetivo principal desse trabalho foi a geração de séries naturais de vazão para a bacia, considerou-se, primeiramente, a utilização apenas das estações com dados mais antigos de vazão para a calibração do modelo, a saber: estação 44600000, 44670000, 44750000 e 44950000. Assim, em uma primeira rodada de aplicação do MGB foram discretizadas 4 grandes sub-bacias em função da localização dessas.

Contudo, os resultados demonstraram que a utilização de conjuntos de parâmetros que calibravam estas estações fornecia resultados muito ruins para as estações com dados mais recentes, mesmo para as vazões máximas que não sofrem tanto o impacto da atividade antrópica.

Assim, observando-se a localização de todas as estações fluviométricas, a formação do relevo, bem como a localização dos três principais reservatórios existentes na bacia (Bico da Pedra, Cova da Mandioca e Estreito) e a localização dos novos reservatórios propostos para esta, que são os principais pontos onde se deseja obter do modelo as vazões, foram definidas 8 sub-bacias para auxiliar na

Elaborado por: 	Nº da revisão: 02	Código do Documento: Apêndice 5 - Aplicação MGB_REV02	19/67
---	-------------------------	--	-------

	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

calibração. A Figura 2.8 apresenta estas sub-bacias com os postos fluviométricos com dados. Já Figura 2.9 a apresenta estas sub-bacias com a localização dos reservatórios propostos e existentes. É importante destacar que o objetivo principal da calibração do modelo em um primeiro momento foi fornecer o melhor resultado para as cabeceiras das bacias pois nesses locais é que estão inseridos os barramentos propostos. Destaca-se a informação presente na Nota Técnica nº 32/2014/GEREG/SER que informa que estações ao longo da calha do rio Verde Grande podem não ser representativas das vertentes, que teriam vazões específicas mais altas.

Elaborado por: 	N° da revisão: 02	Código do Documento: Apêndice 5 - Aplicação MGB_REV02	20/67
---	-------------------------	--	-------

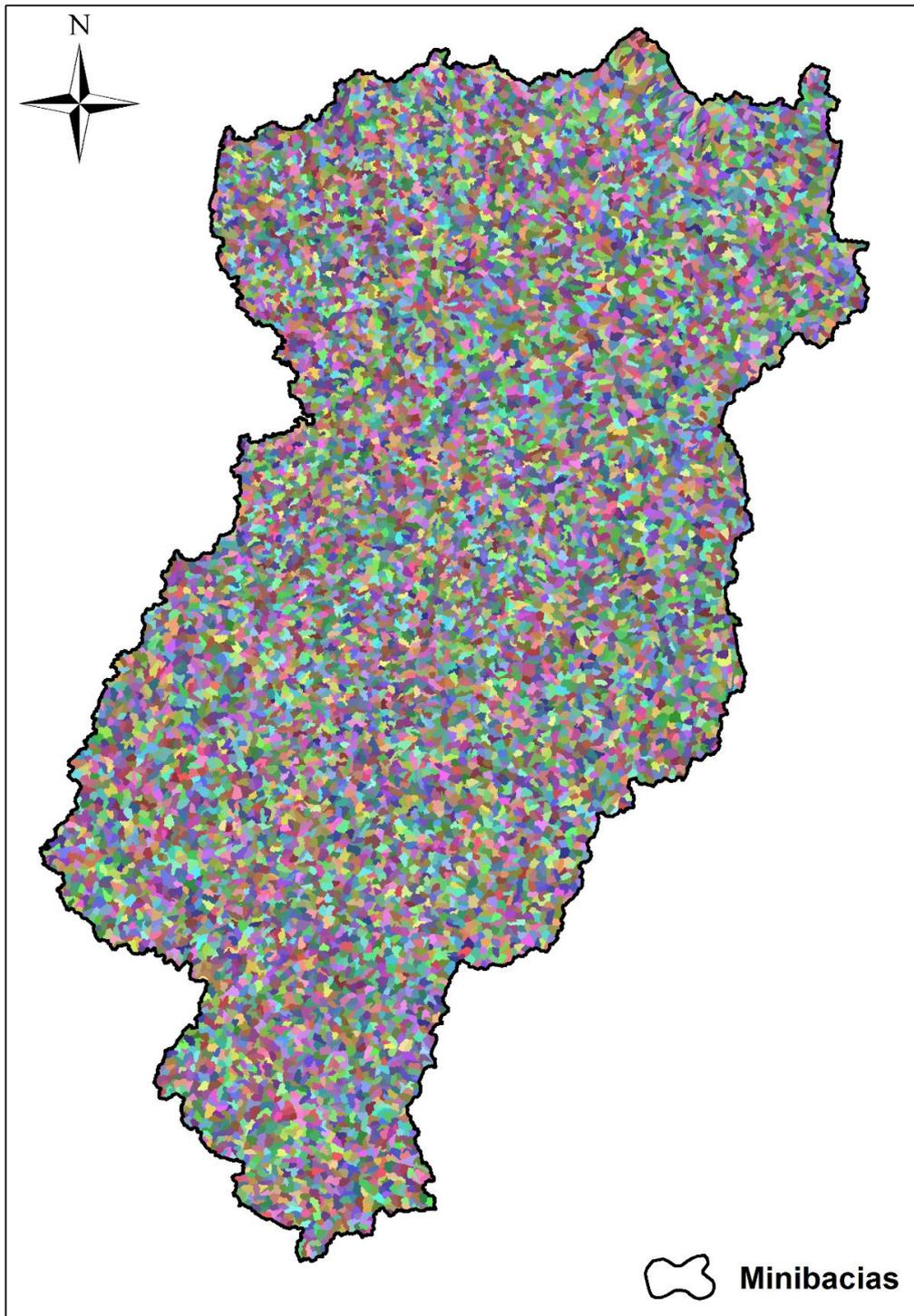


Figura 2.7 – Minibacias geradas pelo IPH-Hydro Tools

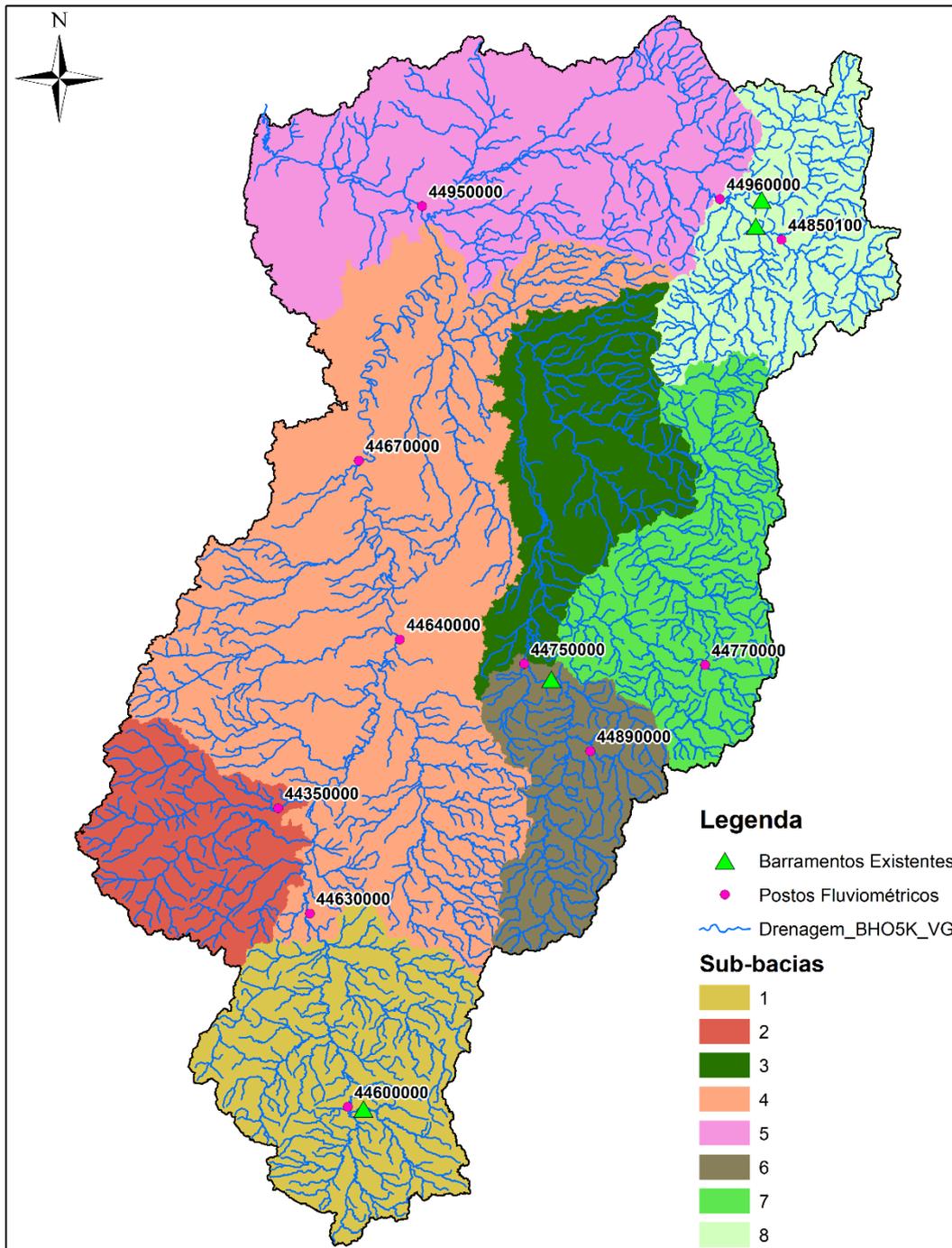


Figura 2.8 – Mapa de sub-bacias definidas para aplicação do MGB e dos postos fluviométricos com dados

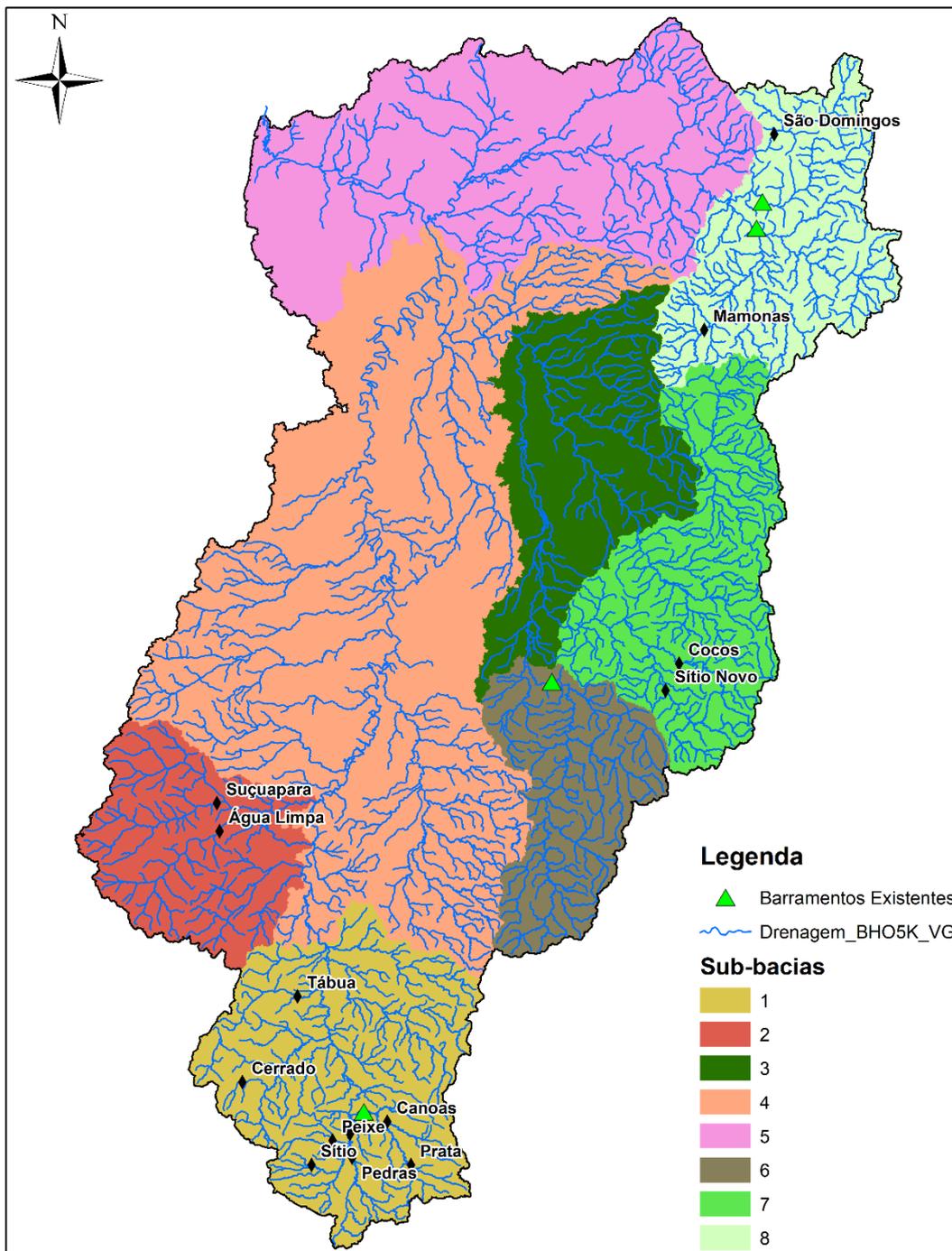


Figura 2.9 – Mapa de sub-bacias e dos barramentos existentes e propostos para incremento da disponibilidade hídrica

Para composição das Unidades de Resposta Hidrológicas (URHs) foram utilizados os mapas de geologia e uso do solo disponíveis no PRH-Verde Grande.

	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

Estes tiveram que ser reclassificados em função da limitação do MGB de, no máximo, 12 URHs e também para facilitar no processo de calibração da bacia.

O Quadro 2.1 apresenta as classes originais do mapa de uso do solo e a reclassificação dessas para composição das URHs.

Quadro 2.1 - Classificação original do uso do solo da base de dados e reclassificação para compor as URHs

Tipologia do uso do solo original	Reclassificação para criar as URHs
Afloramento Rochoso	Áreas Semi-Impermeáveis
Agricultura Irrigada	Agricultura
Agropecuária	Pasto
Área Úmida com Vegetação	Florestas inundáveis ou Várzeas
Área Urbana	Áreas Semi-Impermeáveis
Hidrografia	Água
Mata Ciliar	Floresta
Queimada	Pasto
Silvicultura	Floresta
Vegetação Arbóreo Arbustiva	Floresta
Vegetação Arbustiva	Campo

O Quadro 2.2 apresenta as classes originais do mapa de tipos de solo. Em um primeiro momento, os tipos de solo foram classificados com relação à capacidade do tipo de solo de armazenar água em 5 classes. A seguir, teve que ser realizada uma reclassificação desses em função da limitação do número de URHs, sendo os de baixa capacidade classificados em “raso” e os de alta e média em “profundo”.

Quadro 2.2 - Tipos de solo originais da base e reclassificação para criação das URHs.

Litologia original da base	Capacidade de armazenamento de água	Classificação para as URHs
Arcóseo, Pelito	Média	Profundo
Areia, Argila	Média	Profundo
Areia, Lama, Laterita	Média	Profundo
Arenito	Alta	Profundo
Arenito, Filito, Metaconglomerado, Quartzito	Média/Alta	Profundo
Calcário, Metapelito	Média	Profundo
Calcário, Siltito	Média	Profundo
Granito, Granodiorito	Média	Profundo
Granito, Metarriolito	Média	Profundo

Elaborado por:



Nº da
revisão:
02

Código do Documento:

Apêndice 5 - Aplicação MGB_REV02

24/67

Litologia original da base	Capacidade de armazenamento de água	Classificação para as URHs
Monzogranito, Monzonito	Média	Profundo
Monzogranito, Quartzo Sienito	Média	Profundo
Rocha Carbonática, Sedimento Siliciclástico	Média/Alta	Profundo
Xisto	Média	Profundo
Chert, Formação Ferrífera Bandada, Formação Manganesífera, Mármore, Xisto	Baixa	Raso
Conglomerado, Filito, Quartzito	Média/Baixa	Raso
Conglomerado, Quartzito	Média/Baixa	Raso
Conglomerado, Quartzito, Xisto	Média/Baixa	Raso
Diamictito, Tilito	Média/Baixa	Raso
Filito, Quartzito	Baixa	Raso
Folhelho, Siltito	Baixa	Raso
Gnaisse	Baixa	Raso
Metabasalto	Média/Baixa	Raso
Metabásica, Metaultrabásica	Média/Baixa	Raso
Metassiltito	Baixa	Raso
Micaxisto, Ortoanfíbólito	Baixa	Raso
Migmatito	Média/Baixa	Raso
Migmatito, Ortognaisse	Média/Baixa	Raso
Quartzito	Baixa	Raso
Sedimento Detrito-Laterítico	Média/Baixa	Raso

A Figura 2.10 apresenta o mapa de uso de solo reclassificado para geração das URHs enquanto a Figura 2.11 apresenta o mesmo com relação ao tipo de solo. Já a Figura 2.12 apresenta as URHs geradas após a junção dos mapas. Ao todo, foi criado o valor limite para aplicação do MGB de 12 URHs.

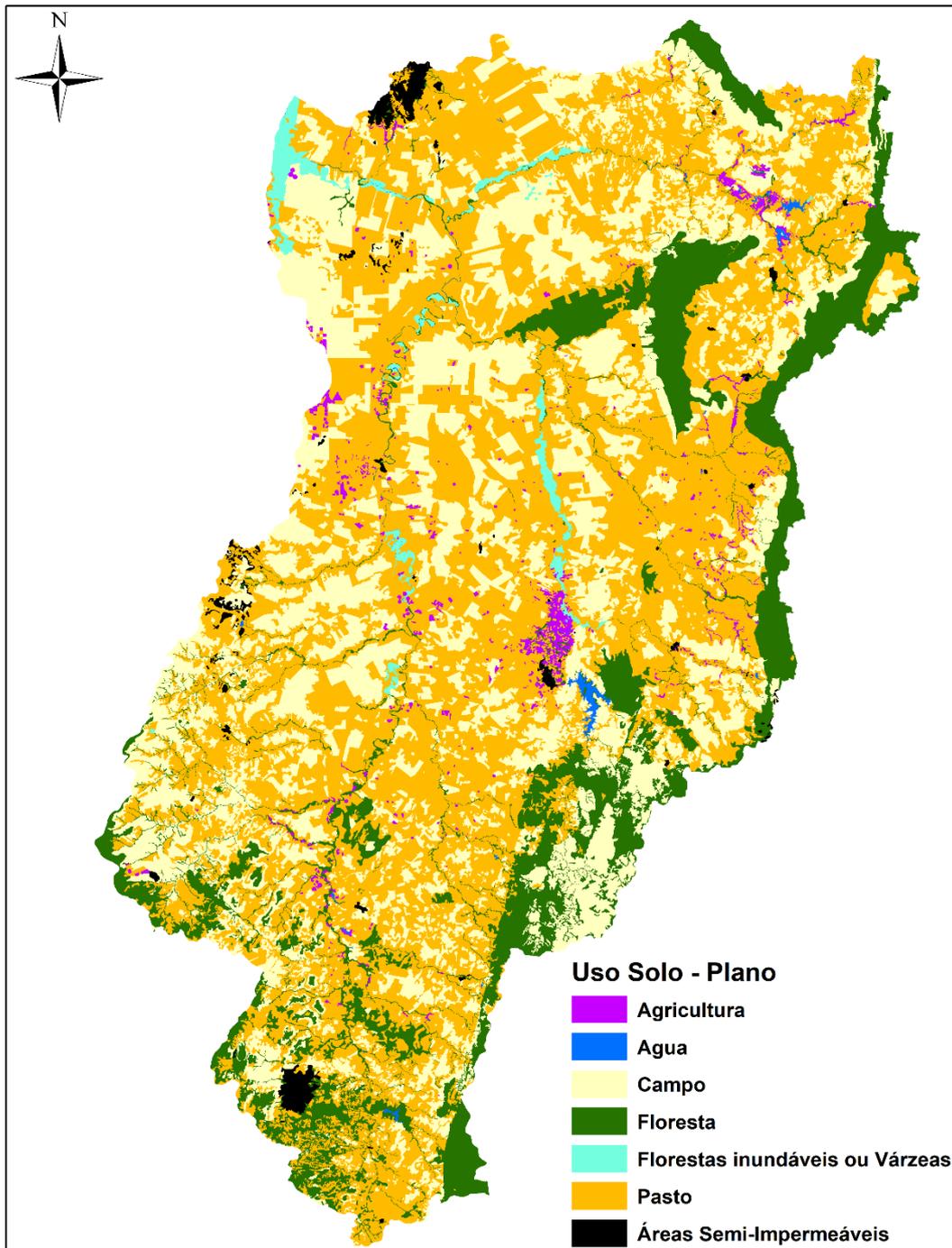


Figura 2.10 – Mapa de uso do solo reclassificado para criação das URHs.

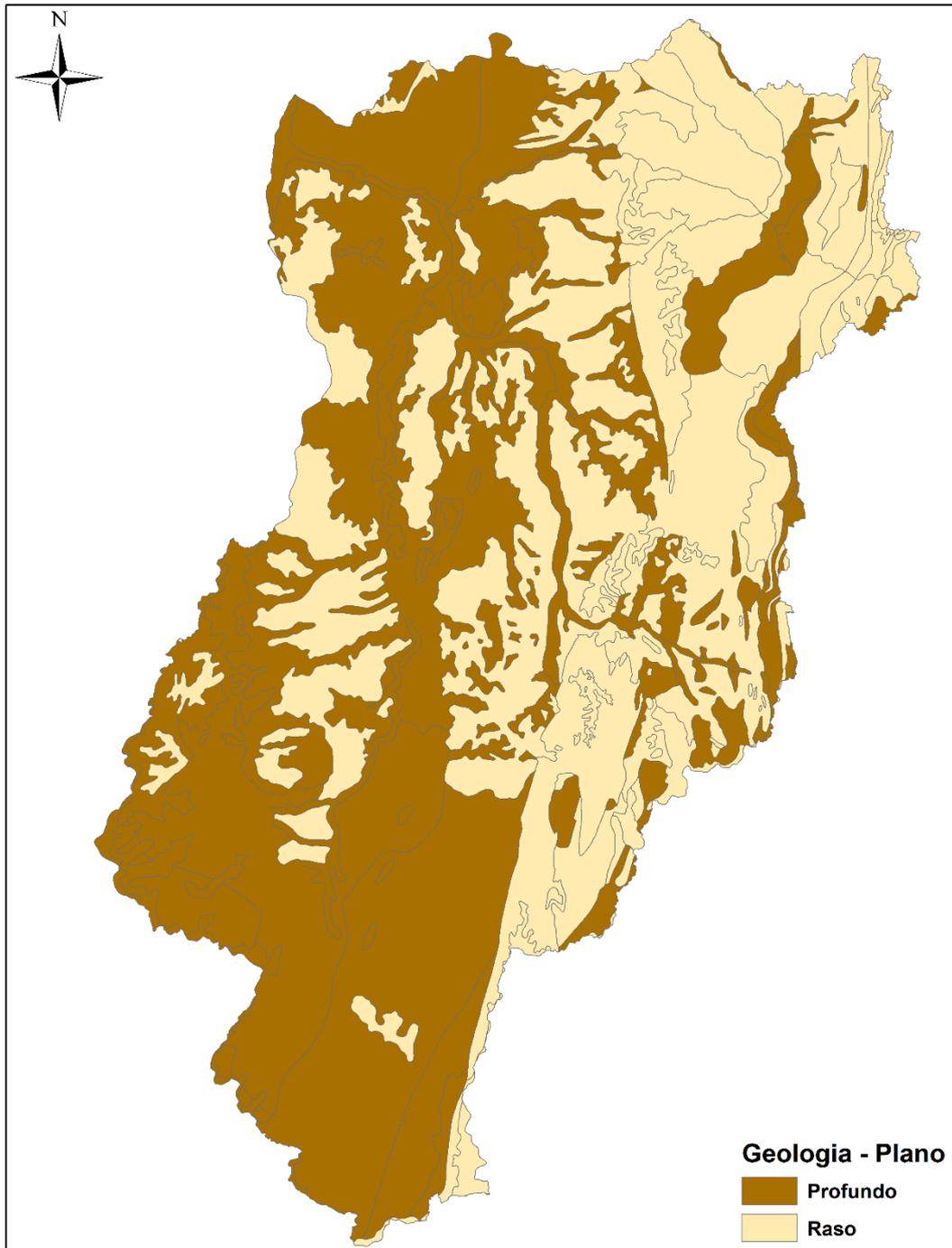


Figura 2.11 – Mapa de tipo de solo reclassificado para criação das URHs.

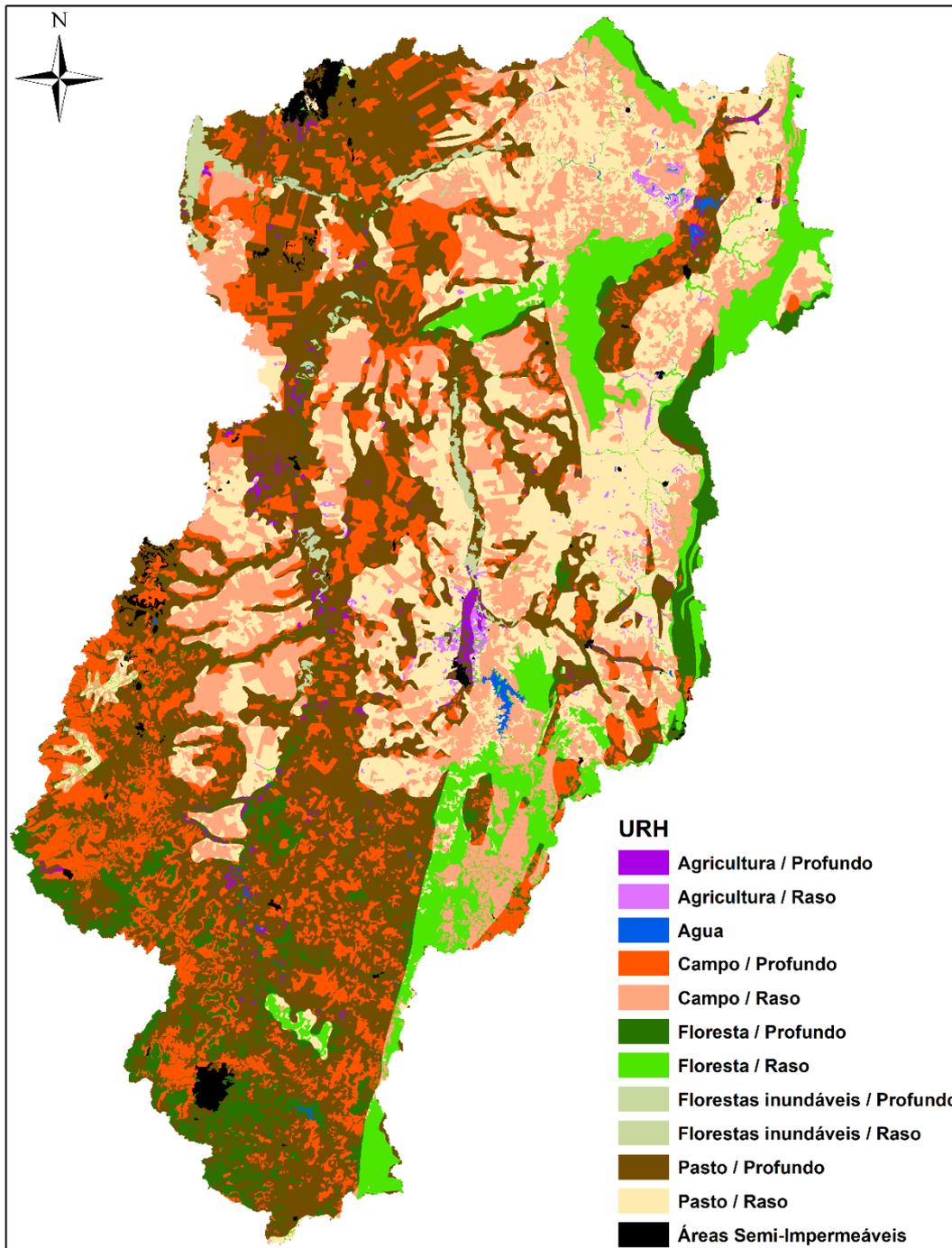


Figura 2.12 – Mapa de URHs gerado a partir da sobreposição das informações de tipo e uso do solo.

	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

Uma vez gerados todos os arquivos descritos, foi possível aplicar a ferramenta chamada *MGB-Preprocessig* do IPH-Hydro Tools, que utiliza todas as informações, desde o MDE original, até as URHs para gerar um único arquivo com uma série de informações para cada minibacia. Estas incluem:

- Centróide de cada minibacia;
- Sub-bacia à qual cada minibacia pertence;
- Comprimento do trecho da rede de drenagem em cada minibacia;
- Declividade do terreno em cada trecho;
- Comprimento da maior rede dentro de uma min bacia seguindo pelas direções de fluxo, que não necessariamente é o da rede gerada;
- Declividade deste trecho de maior comprimento;
- Minibacia de jusante de cada uma;
- Número de *mannig*, que nesse estudo foi escolhido 0,03 para todas minibacias;
- Porcentagem de cada URH dentro das minibacias.

Outras informações que são muito importantes para aplicação do MGB são a largura e a profundidade de cada trecho da rede de drenagem em cada minibacia. Tradicionalmente, como geralmente se tratam de um número muito grande de minibacias, que inviabilizam medições manuais para cada uma, são utilizadas relações entre a área de drenagem a montante de cada minibacia e a largura/profundidade. Estas relações vêm sendo chamadas de relações geomorfológicas e tem o formato de equações potenciais do tipo $Y=a.A^b$, onde A é a área de drenagem e a e b variam por bacia.

Para buscar criar essas relações, foram baixados do Hidroweb os dados das estações de resumo de descarga na bacia, que possuem a área de drenagem e séries de profundidade e larguras medidas. As estações utilizadas, bem como as informações de máximas larguras, profundidade e a área de drenagem de cada uma são apresentadas no Quadro 2.3.

Elaborado por: 	N° da revisão: 02	Código do Documento: Apêndice 5 - Aplicação MGB_REV02	29/67
---	-------------------------	--	-------

Quadro 2.3 - Informações básicas das estações de resumo de descarga selecionadas na bacia

Estação	Área drenagem (km ²)	Profundidade (m)	Largura (m)
44600000	1040	1,17	18,5
44640000	9450	1,76	23,5
44750000	246	1,82	47,3
44760000	177	0,59	3,65
44770000	186	0,92	14
44780000	440	1,81	27
44850100	560	1,21	20
44890000	276	0,57	11,2
44960000	2190	0,34	10,3

Contudo, a plotagem das informações de largura e profundidade em função das áreas de drenagem de cada estação forneceram nuvens de pontos a partir das quais não foi possível estabelecer equações com coeficientes satisfatórios de R^2 , como mostra a Figura 2.13 e Figura 2.14.

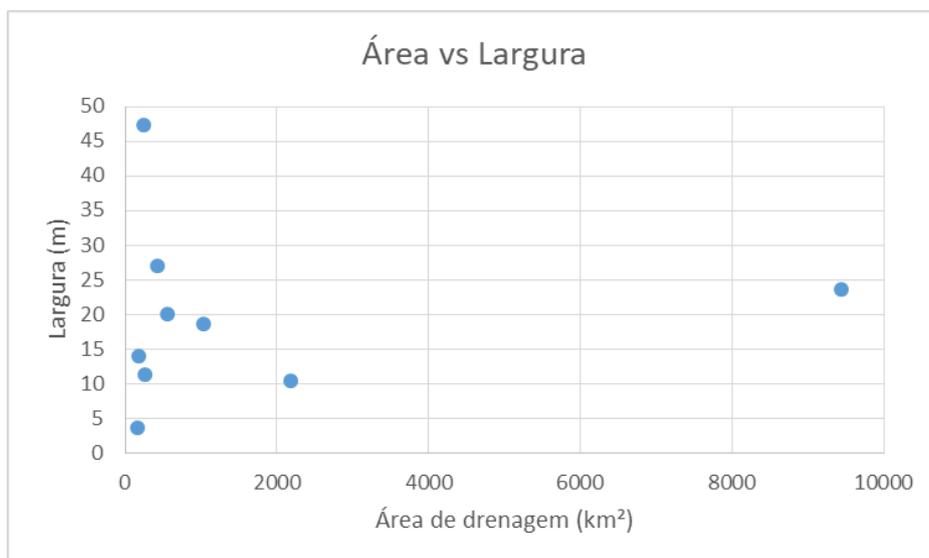


Figura 2.13 – Gráfico das informações de largura plotadas versus as áreas de drenagem de cada estação de descarga

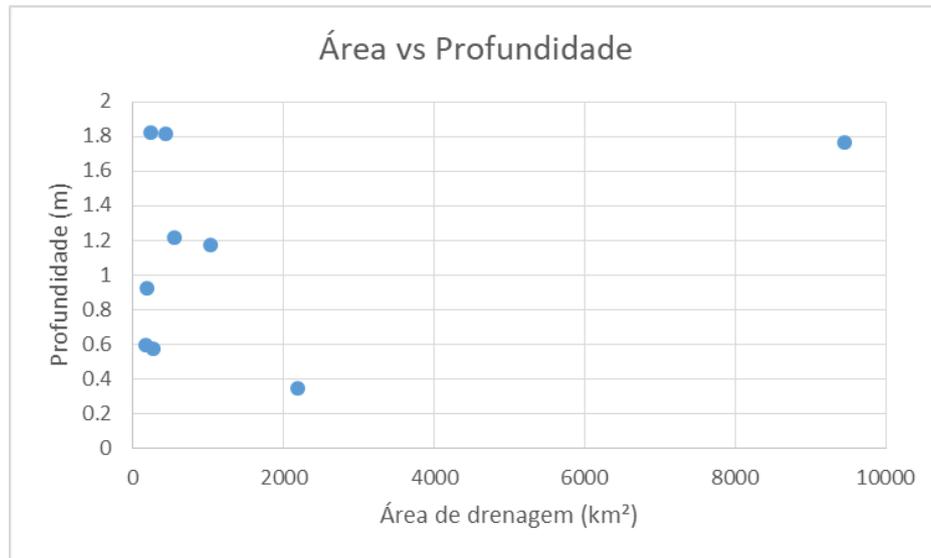


Figura 2.14 – Gráfico das informações de profundidade plotadas versus as áreas de drenagem de cada estação de descarga.

Porém, apesar da baixa correlação entre as áreas de drenagem e as informações de largura e profundidade, observou-se uma correlação satisfatória entre estas duas informações, como pode ser observado na Figura 2.15. Apesar do valor do coeficiente de correlação não ter ficado tão bom quanto em outros estudos de caso, entende-se que o valor encontrado foi suficientemente satisfatório para a realização do presente trabalho principalmente dada a baixa disponibilidade de dados de profundidade na bacia e pela ausência de uma boa correlação dos dados disponíveis com as áreas de drenagem. O fato de a profundidade aumentar acompanhando o aumento da largura é o esperado em rios naturais e isso foi observado na Figura 2.15. Assim, foi possível criar uma equação que correlacionasse a profundidade à largura do rio e optou-se, portanto, por gerar as informações de profundidade a partir das larguras de cada minibacia por ter sido a única forma encontrada para a estimativa desse parâmetro.

Cabe destacar que, para fins de modelagem, a correta representação da profundidade é mais impactante nos casos em que há extravasamento da calha do rio, quando o modelo lança e armazena parte da água nas planícies de inundação. No caso da bacia do Verde Grande são poucas as ocasiões onde há o extravasamento e, portanto, o bom valor de correlação da largura obtido é mais significativo do que aquele encontrado na correlação dessa com a profundidade.

Já para obter as larguras em cada minibacia, foi gerada uma relação geomorfológica não a partir das estações de descarga, mas sim a partir de medições manuais espalhadas pela bacia aleatoriamente, realizadas com o Google Earth®. A Figura 2.16 apresenta as larguras medidas manualmente *versus* as áreas de drenagem de cada local de medição e, para esse caso, nota-se que o coeficiente de correlação foi bastante satisfatório, principalmente considerando-se uma bacia com a particularidade de possuir um grande número de rios intermitentes.

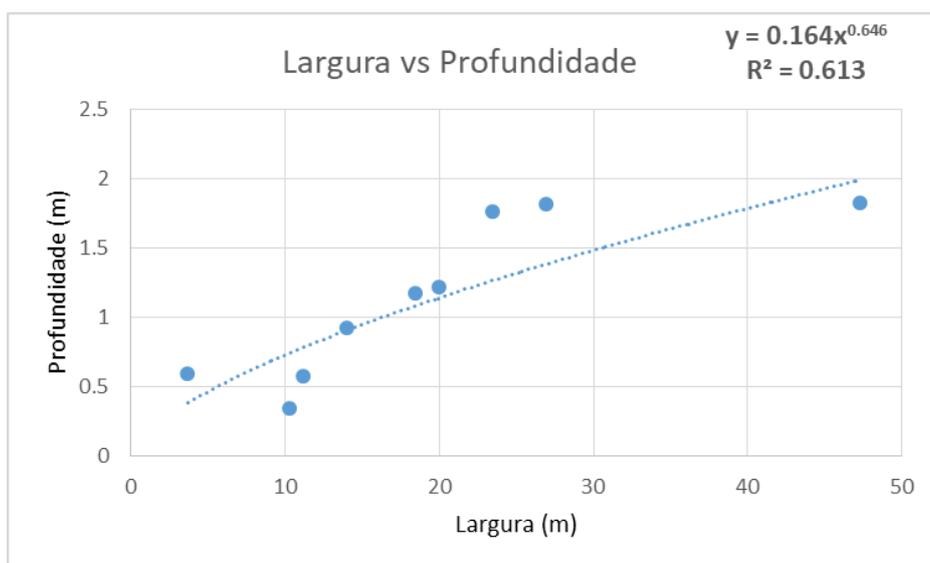


Figura 2.15 – Largura *versus* profundidades obtidas a partir das estações de descarga.

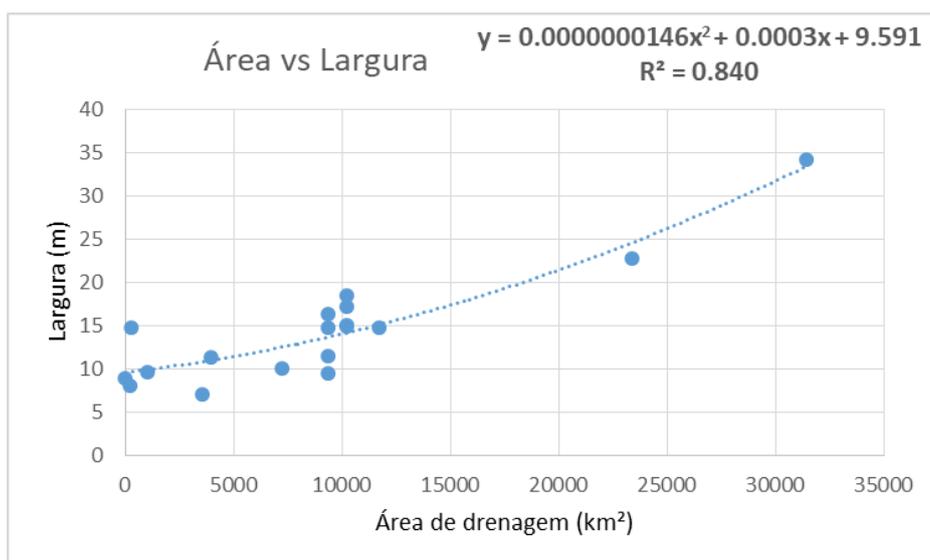


Figura 2.16 – Área de drenagem *versus* larguras medidas manualmente com o Google Earth®.

A Figura 2.17 apresenta os locais onde foram feitas as medições e larguras obtidas. Os locais de medição foram selecionados de maneira aleatória nos principais afluentes da bacia, não incluindo locais onde houvesse a influência de reservatórios nas larguras dos rios. Também se buscou selecionar pontos com diferentes áreas de drenagem para abranger desde cabeceiras até a foz do rio Verde Grande.

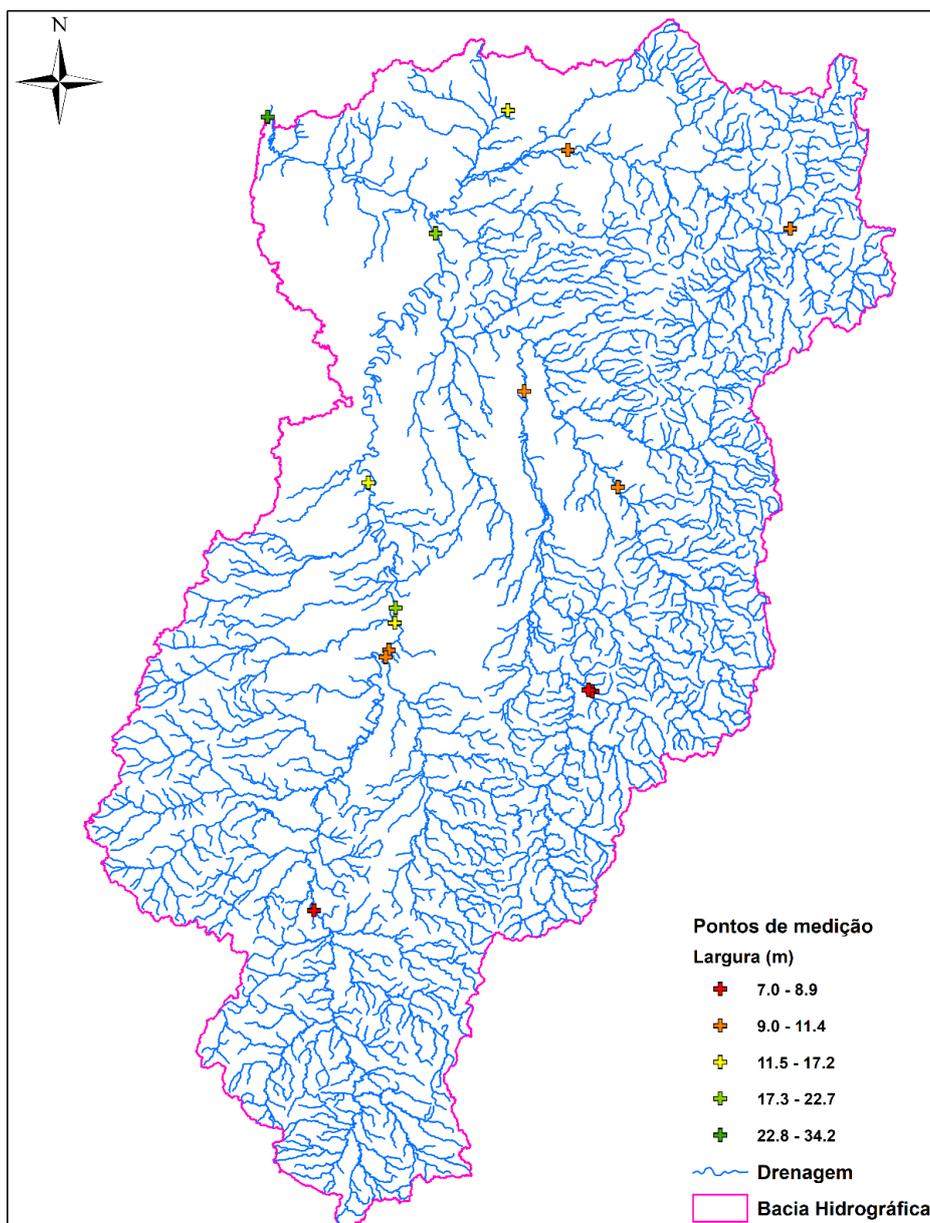


Figura 2.17 – Locais e larguras levantadas através de medições manuais utilizando o Google Earth®.

2.3 Aplicação do Modelo MGB e Resultados Gerados

Após a preparação dos dados do pré-processamento passou-se à preparação dos dados pluviométricos e climatológicos para aplicação do modelo MGB.

Foram geradas informações de precipitação para todos os dias do período de simulação, que compreendeu desde o ano de 1960 até final de junho de 2019. Para isso, os dados das 183 estações pluviométricas apresentadas anteriormente, foram interpolados para cada minibacia pela relação do inverso da distância ao quadrado.

Com relação aos dados climatológicos, foram utilizadas as normais climatológicas do INMET (período entre 1960 a 1990), das estações listadas no Quadro 2.4 e apresentadas na Figura 2.18. As informações extraídas dessas para cada minibacia são, para cada mês, a temperatura média (°C), a umidade (%), a insolação (h/dia), a velocidade do vento (m/s) e a pressão atmosférica (kPa).

Quadro 2.4 - Lista de estações climatológicas a partir das quais foram utilizadas as Normais para aplicação no MGB

Estação	Código	Latitude	Longitude
Araçuaí	83442	-16,833	-42,050
Caetité	83339	-14,067	-42,483
Espinosa	83338	-14,917	-42,850
Januária	83386	-15,450	-44,367
Minas Novas	83440	-17,233	-42,583
Mocambinho	83389	-15,083	-44,017
Monte Azul	83388	-15,083	-42,750
Montes Claros	83437	-16,683	-43,833
Salinas	83441	-16,167	-42,300
São Francisco	83385	-15,950	-44,867

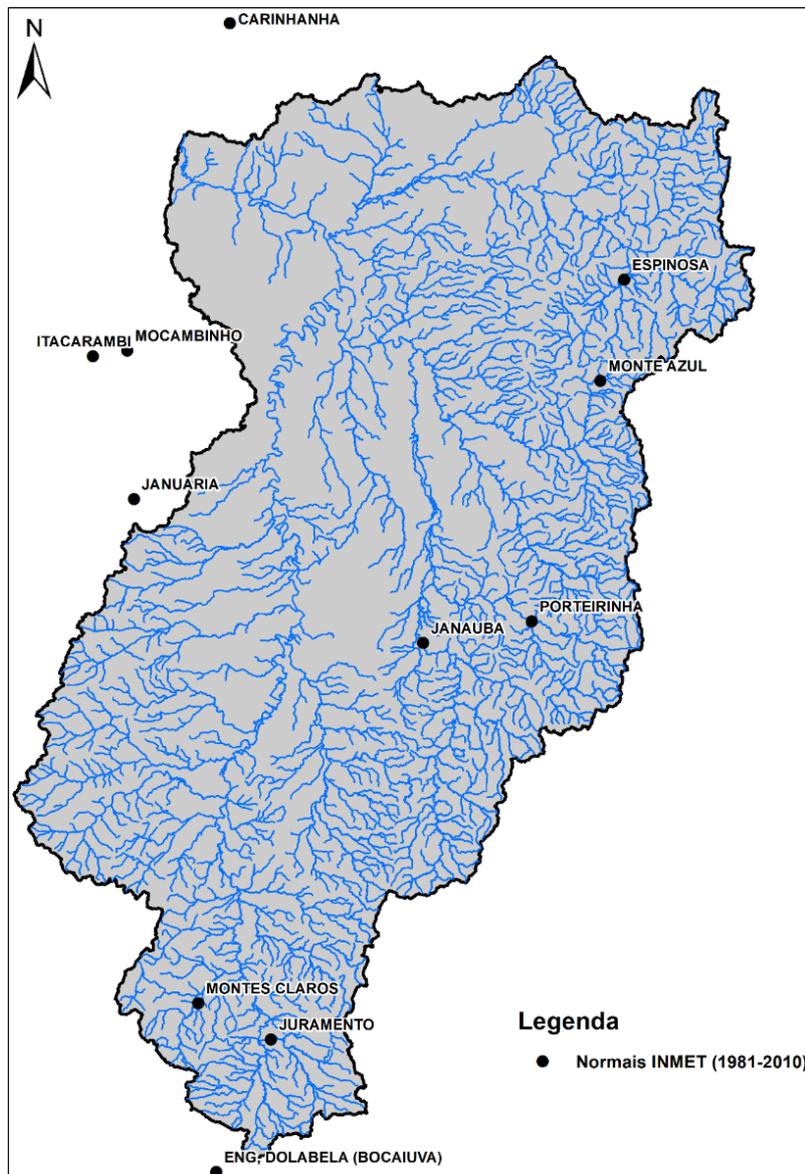


Figura 2.18 – Mapa com a localização das estações climatológicas utilizadas para modelagem.

A seguir foram definidos os parâmetros fixos da vegetação, utilizados para o cálculo da evapotranspiração. Estes parâmetros, que não são calibrados na aplicação do MGB, são apresentados no Quadro 2.5.

Quadro 2.5 - Parâmetros fixos da vegetação adotados para aplicação do modelo

URH	Albedo	IAF	Altura das árvores (m)	Resistência Superficial (s/m)
Agr_Prof	0,2	2	1,3	70
Agr_Raso	0,2	2	1,3	70
Cam_Prof	0,15	3	0,75	120
Cam_Raso	0,15	3	0,75	120
Flor_Prof	0,14	6	20	100
Flor_Raso	0,14	6	20	100
Past_Prof	0,21	2	0,75	70
Past_Raso	0,21	2	0,75	70
Area_Semi	0,12	1	0,5	70
Varzea	0,2	2	0,5	70
Agua	0,08	1	0,1	0

Conforme citado anteriormente o modelo MGB permite a utilização de dois métodos de propagação de vazões, o método Inercial e o Método *Muskingum-Cunge*. Para aplicação do modelo MGB na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, optou-se por utilizar o método *Muskingum-Cunge* pois o método Inercial estava demorando 8 horas para rodar cada simulação com este número grande de minibacias (11.453) e longo período de calibração, enquanto o método escolhido demorava apenas 6 minutos. Como o modelo deveria ser rodado dezenas de vezes para calibração e não foram observados ganhos que justificassem a adoção do Inercial, optou-se pelo método mais simples. A melhor calibração do modelo para todas as 8 sub-bacias foi possível através da adoção dos parâmetros apresentados nos anexos.

Para calibração do modelo, o MGB fornece 3 métricas de desempenho para comparação entre o simulado e o observado: o coeficiente de Nash, o coeficiente de Nash aplicado ao logaritmo das vazões e o erro volumétrico. Enquanto o erro volumétrico é uma métrica que representa uma estimativa do erro médio para toda série, o coeficiente de Nash é mais sensível aos erros das vazões de pico, tendo sido esta utilizada para calibração das máximas. A métrica Nash-log, por sua vez, é altamente influenciada pelas vazões de base sendo, portanto, a utilizada para a calibração das vazões baixas.

	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

Uma vez que o estudo busca fornecer as vazões nos locais dos barramentos propostos para ampliar a disponibilidade hídrica, foi dada preferência à calibração das métricas *Nash-Log*, que é ideal para calibração do período de estiagem, e do erro volumétrico. Não foram utilizadas, na calibração, estações fluviométricas que se encontrassem a jusante de reservatórios existentes, pelo comportamento das mesmas não ser o natural da bacia e cujo período de dados disponíveis cobrisse apenas aquele já sob influência dos reservatórios. A Figura 2.19 apresenta a espacialização dos resultados das medidas de Nash alcançados com a calibração. Já a Figura 2.20 apresenta o mesmo para a métrica Nash-log e a Figura 2.21 para o erro volumétrico.

De maneira geral, observa-se que foram obtidos erro volumétricos baixos, inferiores a 20% e na maioria dos casos abaixo de 8%. Isso foi muito importante uma vez que as simulações dos reservatórios se deram com vazões mensais, onde o volume total de água é mais importante do que eventos específicos de pico de vazão, que são reduzidos ao fazer a média das vazões diárias. O único local que apresentou um alto valor de erro volumétrico foi junto à estação 44950000 que se encontra na calha do Verde Grande, após a confluência com o Verde Pequeno e já próximo ao exutório da bacia. Esse erro de excesso de vazão no modelo pode ter ocorrido por uma combinação de fatores como a forte influência do aquífero cárstico ao longo da calha do verde grande que “consome” parte da água, a influência dos usuários sobre a vazão do Verde Grande, mas que nesse caso seria em parte compensada no modelo de balanço hídrico, ou ainda a processos de extravasamento da calha que atenuam os picos e que não são representados na propagação com o método Muskingum-Cunge. De toda forma, para fins de fornecimento de dados para a proposição das vazões regularizadas pelos reservatórios, esse local se encontra muito afastado e a jusante de todos os reservatórios e transposições propostas, não afetando, portanto, os resultados dos mesmos. Ainda, a posterior inclusão dos usuários ao longo da calha no modelo de balanço hídrico tende a reduzir as vazões da calha do Verde Grande e, conseqüentemente, também o erro volumétrico nesse local.

Elaborado por: 	N° da revisão: 02	Código do Documento: Apêndice 5 - Aplicação MGB_REV02	37/67
---	-------------------------	--	-------

	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

Além dos bons resultados com relação aos erros volumétricos, percebe-se que alguns dos melhores valores de nash-log, que é uma métrica relacionada à correta representação das vazões de base e fundamental para a modelagem das vazões de estiagem, foram obtidos nas cabeceiras da bacia, pontos cruciais por serem justamente os locais onde serão instalados os reservatórios, como é o caso da estação 44350000, no Ribeirão do Ouro. Ainda com relação às vazões de base, os resultados individuais apresentados a seguir mostram que em muitos casos o fato de a vazão zerar ao longo das séries faz com que o cálculo dessa métrica e, portanto, a percepção sobre a acurácia do modelo, seja comprometido, visto que não existe logaritmo de zero. Ainda, a análise individual das estações mostra que a ordem de grandeza das vazões de base foi corretamente representada no modelo para a maioria das estações.

Por fim, a correta representação das vazões de pico através do Nash se mostrou o mais difícil de ser corretamente representado no modelo devido às particularidades geológicas da bacia, como a presença de insurgências de água que não podem ser representadas no MGB ou ainda sumidouros que absorvem naturalmente parte da vazão da calha. Contudo como o erro volumétrico foi baixo para a grande maioria das estações fluviométricas, algo importante quando se pensa na operação dos reservatórios em escala mensal, e o foco da aplicação posterior do modelo WARM-GIS se dará em virtude das vazões de estiagem, considera-se essa métrica menos significativa para fins desse trabalho com relação às outras duas.

Elaborado por: 	N° da revisão: 02	Código do Documento: Apêndice 5 - Aplicação MGB_REV02	38/67
---	-------------------------	--	-------

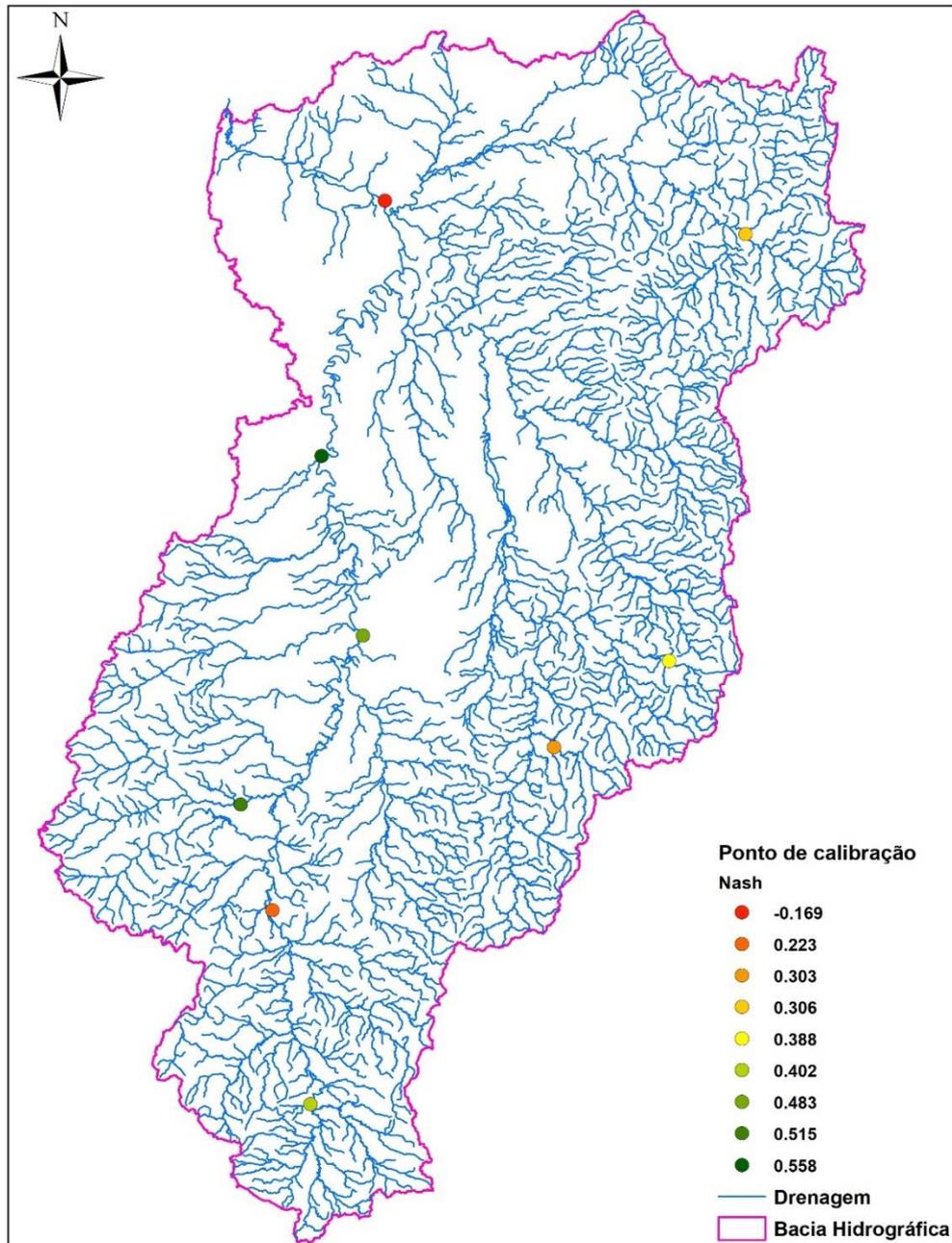


Figura 2.19 – Métricas de desempenho Nash obtidas na localização dos postos fluviométricos utilizados no processo de calibração.

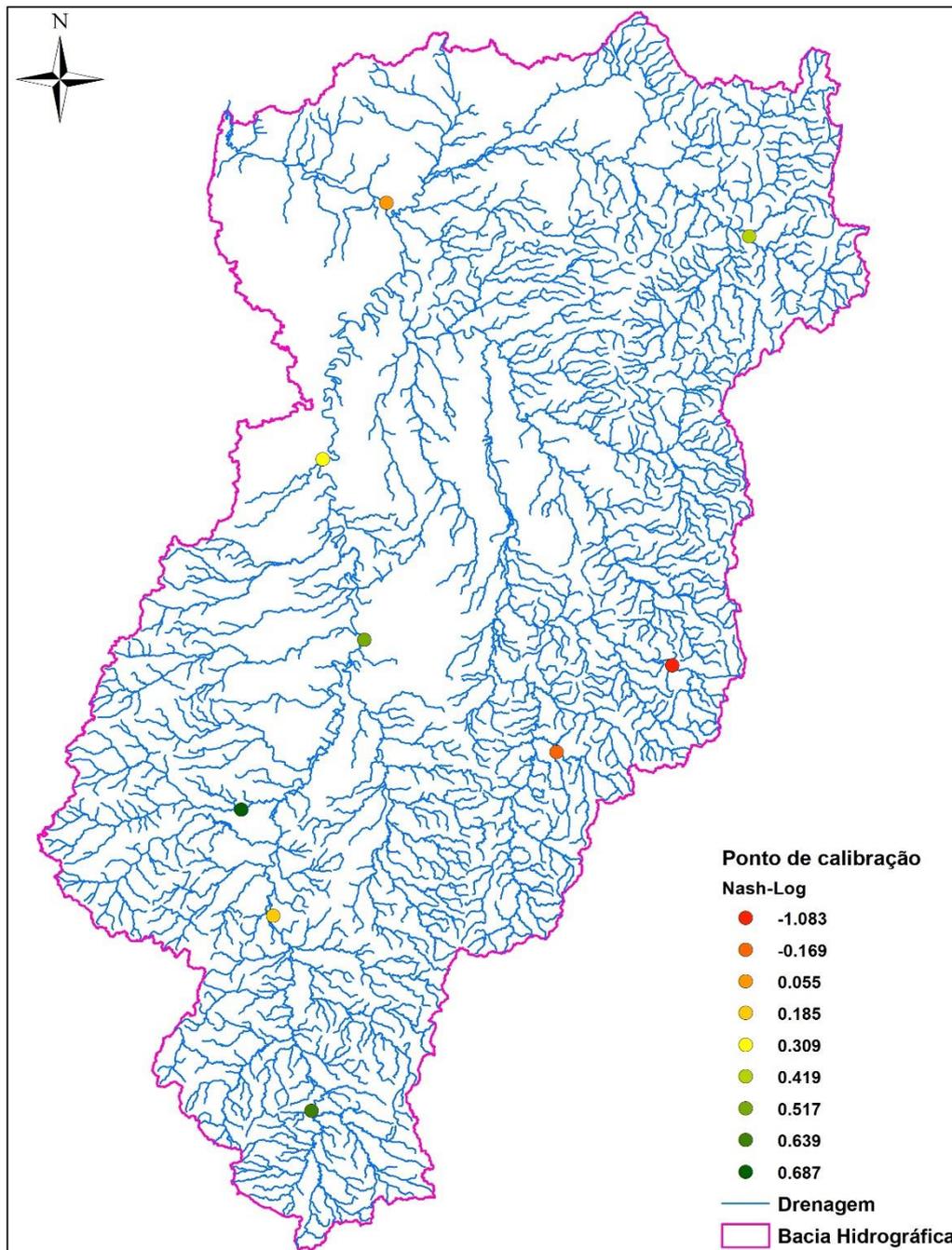


Figura 2.20 – Métricas de desempenho Nash-log obtidas na localização dos postos fluviométricos utilizados no processo de calibração.

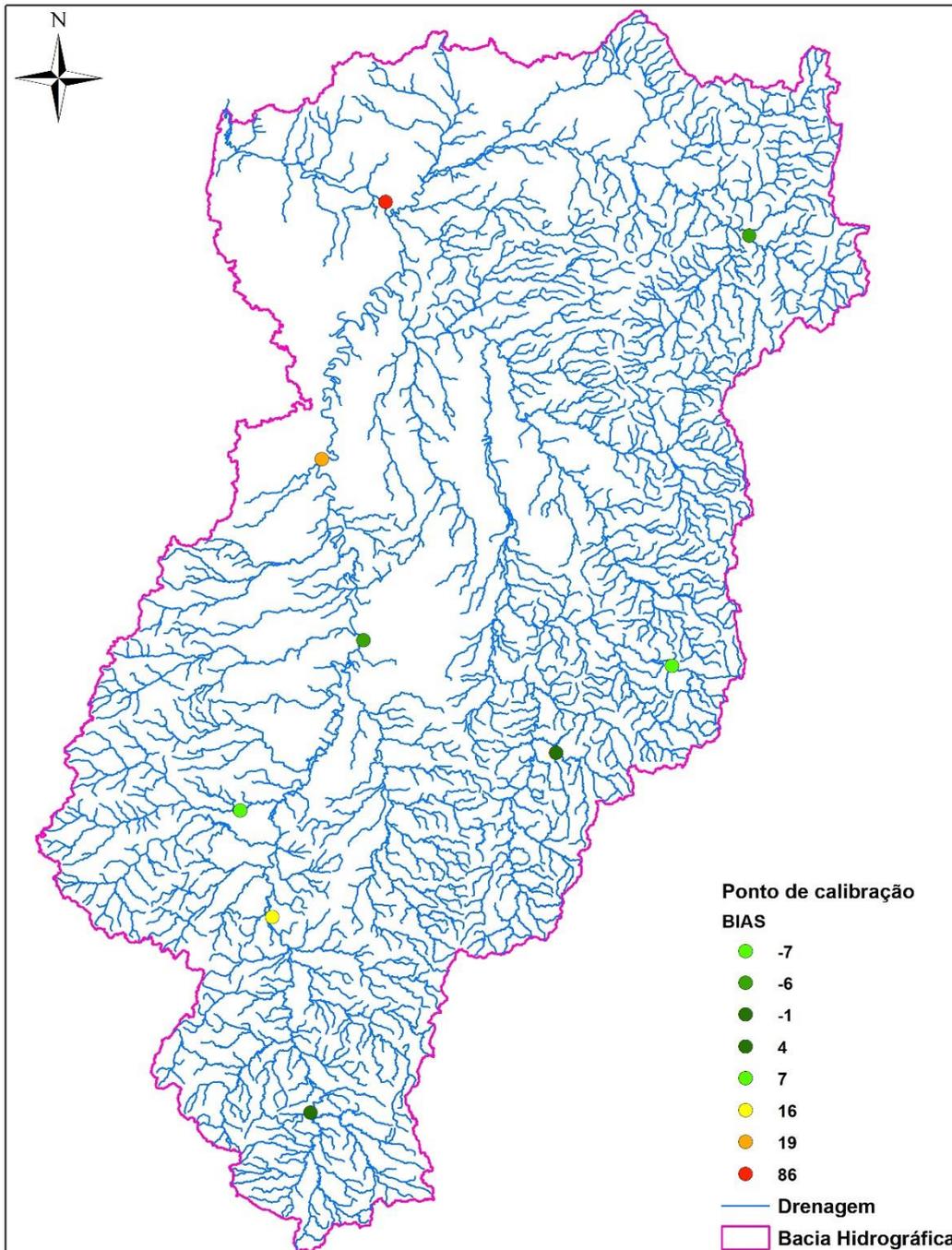


Figura 2.21 – Erros volumétricos obtidos na localização dos postos fluviométricos utilizados no processo de calibração.

A seguir são apresentados os resultados da calibração individualmente por estação fluviométrica.

2.3.1 Estação Fluviométrica 44600000

A Figura 2.22 apresenta a comparação entre o hidrograma observado na estação, em azul, e o simulado, em vermelho. Nessa, também são apresentadas métricas de desempenho obtidas. Já a Figura 2.23 apresenta um zoom sobre um intervalo específico do período de calibração.

Percebe-se que para essa estação que fica na região do Alto Verde Grande foram obtidas métricas positivas nos coeficientes de Nash e Nash-Log além de um baixo erro volumétrico, de apenas 3,9%. As vazões de base ficaram particularmente bem calibradas como pode ser observado no zoom do hidrograma.

A zona na qual a estação se encontra e pela qual foi calibrada contempla mais da metade dos barramentos propostos para a bacia, são eles: Tábua, Cerrado, Peixe, Canoas, Sítio, Prata e Pedra. De acordo com os resultados obtidos, as vazões de pico ficaram um pouco subestimadas na aplicação do modelo enquanto que as vazões de base ficaram bem representadas. Em relação ao subsídio de informações para a modelagem dos reservatórios, pode-se dizer que o modelo foi conservador com relação ao enchimento nas cheias mas que, em se tratando de simulações mensais, na média se espera uma boa representação em virtude do erro volumétrico baixíssimo apresentado (3,9%).

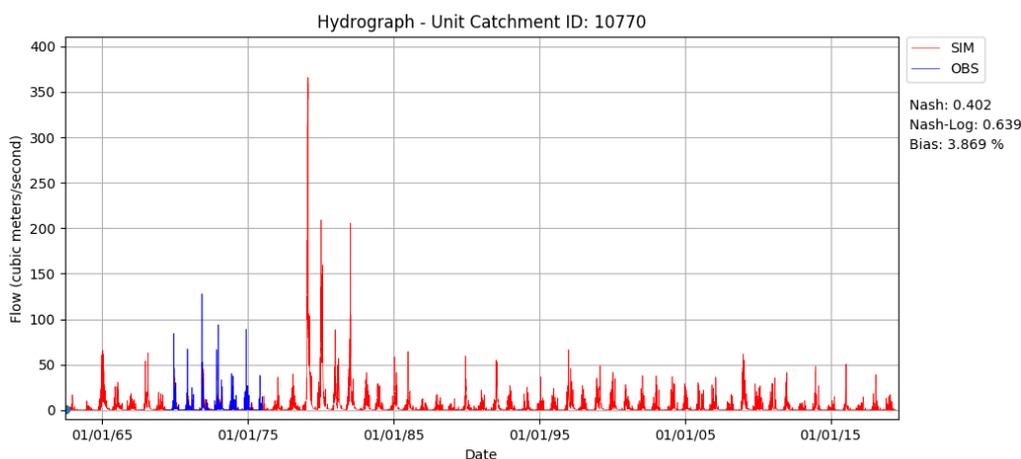


Figura 2.22 – Hidrogramas observados e simulados para a estação 44600000

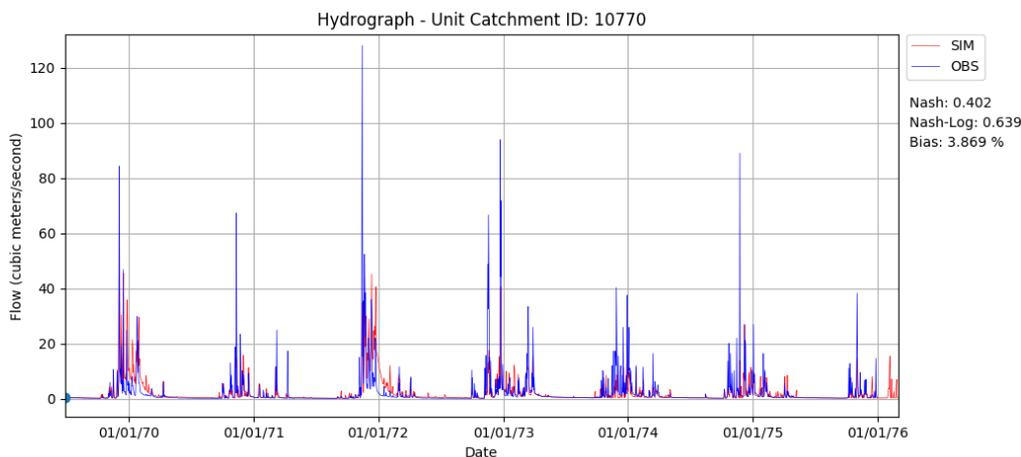


Figura 2.23 – Zoom sobre os hidrogramas observados e simulados para a estação 44600000

2.3.2 Estação fluviométrica 44350000

A Figura 2.24 apresenta a comparação entre o hidrograma observado na estação, em azul, e o simulado, em vermelho. Nessa, também são apresentadas métricas de desempenho obtidas. Já a Figura 2.25 apresenta um zoom sobre um intervalo específico do período de calibração.

Percebe-se que para essa estação também foram obtidas métricas positivas nos coeficientes de Nash e Nash-Log, sendo este último particularmente bem calibrado, além de um baixo erro volumétrico, que fica abaixo de 10%. As vazões de base ficaram bem calibradas como pode ser observado no zoom do hidrograma.

A região onde está inserida esse ponto fluviométrico e onde foi realizada a calibração é o local onde se propõe a instalação dos barramentos Água Limpa e Suçupara. De acordo com os hidrogramas e com as próprias medidas de desempenho percebe-se que o modelo forneceu menos água do que o observado, ainda que as métricas possam ser consideradas satisfatórias ($Nash > 0,5$) e boas ($Nash-log > 0,65$ e $BIAS < 10\%$). Assim pode-se dizer que o modelo forneceu resultados conservadores quanto à vazão disponível para os reservatórios.

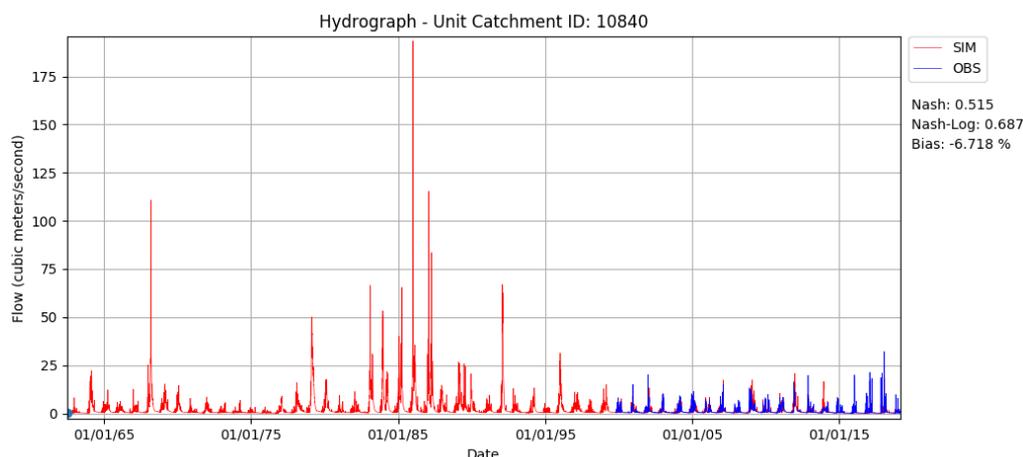


Figura 2.24 – Hidrogramas observados e simulados para a estação 44350000

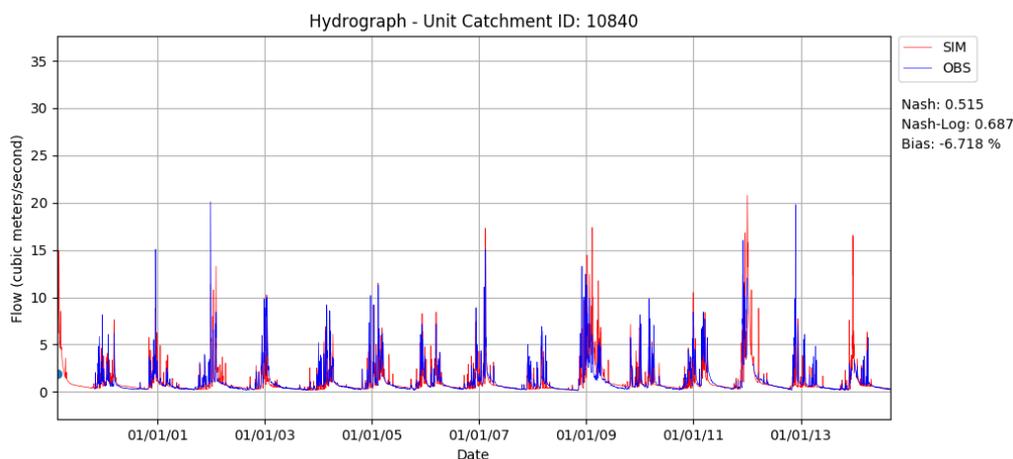


Figura 2.25 – Zoom sobre os hidrogramas observados e simulados para a estação 44350000

2.3.3 Estação fluviométrica 44640000

A Figura 2.26 apresenta a comparação entre o hidrograma observado na estação, em azul, e o simulado, em vermelho. Nessa, também são apresentadas métricas de desempenho obtidas. Já a Figura 2.27 apresenta um zoom sobre um intervalo específico do período de calibração.

Percebe-se que para essa estação também foram obtidas métricas positivas nos coeficientes de Nash e Nash-Log, além de um baixo erro volumétrico, que fica abaixo de 6%. As vazões de base ficaram melhor calibradas como pode ser observado no zoom do hidrograma. Destaca-se que o período de dados disponíveis nessa estação é relativamente recente e, como o enfoque são as vazões com o mínimo de interferência antrópica, para esta sub-bacia deu-se preferência para a

calibração da estação 44670000 que possui dados mais antigos. Com relação à região contemplada por essas estações, em nenhum local dela estão propostos reservatórios, assim a correta representação das vazões de base se mostra mais importante quando pensada na aplicação do modelo de balanço hídrico para avaliar o incremento de vazão propiciado pelos barramentos nas porções de montante da bacia.

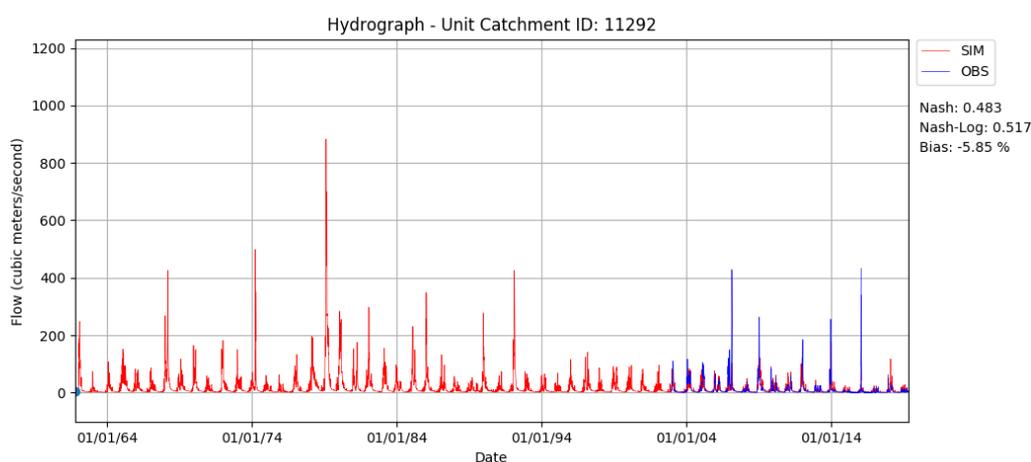


Figura 2.26 – Hidrogramas observados e simulados para a estação 44640000

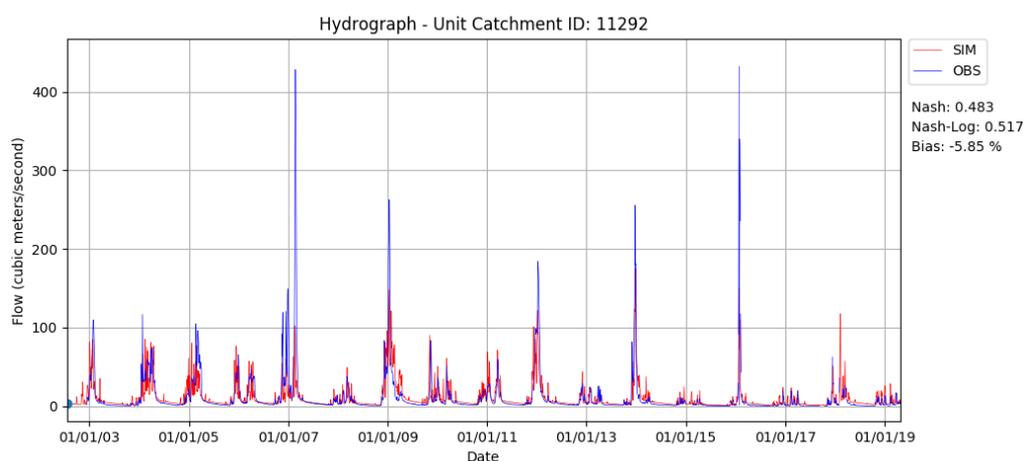


Figura 2.27 – Zoom sobre os hidrogramas observados e simulados para a estação 44640000

2.3.4 Estação fluviométrica 44670000

A Figura 2.28 apresenta a comparação entre o hidrograma observado na estação, em azul, e o simulado, em vermelho. Nessa, também são apresentadas

métricas de desempenho obtidas. Já a Figura 2.29 apresenta um zoom sobre um intervalo específico do período de calibração.

Percebe-se na figura sem o zoom que para essa estação também foram obtidas métricas positivas nos coeficientes de Nash e Nash-Log, mas esse último não foi tão bom quanto o das estações apresentadas anteriormente. O erro volumétrico também ficou relativamente alto, em 19,3% quando observado todo o período de calibração. Uma possível explicação para esse erro positivo, que denota excesso de água no modelo, é a presença do aquífero cárstico e a influência dos usuários na bacia, algo que é em parte compensado no modelo de balanço hídrico ao incorporar as demandas dos mesmos.

Porém, como comentado, o enfoque para estações com períodos mais antigos de dados foi dado para datas até 1990, antes do processo antrópico ficar muito intenso. Se observarmos o zoom no período entre 1969 e 1974 repara-se como este ficou bem simulado. Neste as métricas ficaram em 0.635 para Nash, 0.853 para Nash-Log e -8,5% para o BIAS.

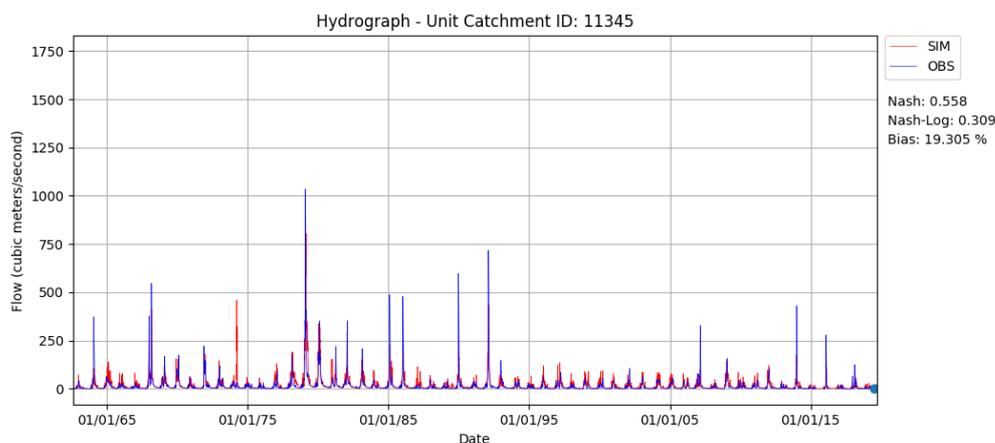


Figura 2.28 – Hidrogramas observados e simulados para a estação 44670000

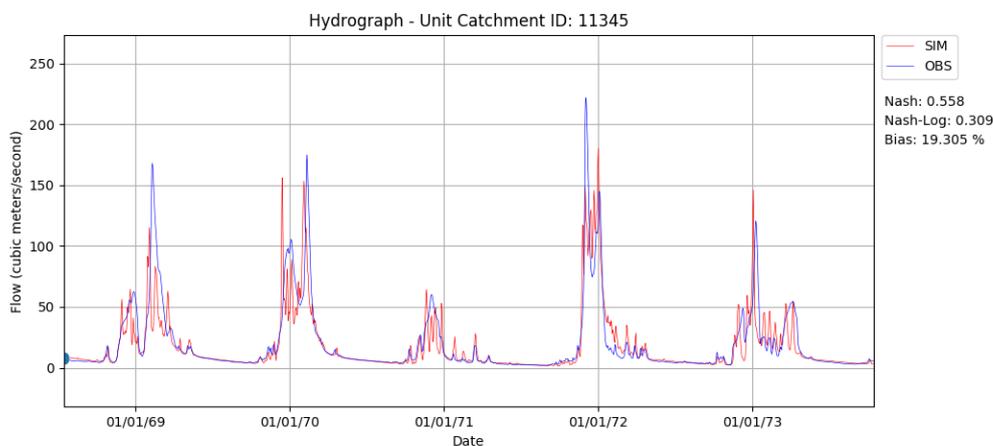


Figura 2.29 – Zoom sobre os hidrogramas observados e simulados para a estação 44670000

2.3.5 Estação fluviométrica 44890000

A Figura 2.30 apresenta a comparação entre o hidrograma observado na estação, em azul, e o simulado, em vermelho. Nessa, também são apresentadas métricas de desempenho obtidas. Já a Figura 2.31 apresenta um zoom sobre um intervalo específico do período de calibração.

Percebe-se na figura sem o zoom que para essa estação foi obtido coeficiente de *Nash* positivo, mas um coeficiente de *Nash-Log* ruim e negativo. Porém, se observarmos o zoom é possível ver que em longos períodos de tempo a vazão observada iguala-se a zero e estes dados acabam sendo descartados do cálculo da métrica *Nash-Log* por não haver logaritmo de zero, de forma que a métrica não reflete a qualidade dos resultados do modelo. A observação do zoom permite constatar que as vazões de base ficaram de fato bem representadas e o erro volumétrico evidencia isso ao ficar abaixo de 1%. Na região considerada para a calibração do modelo para essa estação não existe nenhuma barragem proposta.

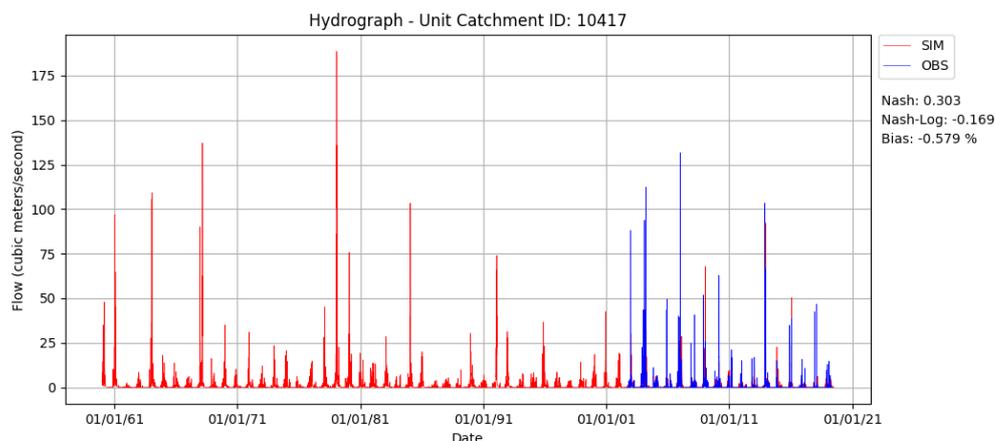


Figura 2.30 – Hidrogramas observados e simulados para a estação 44890000

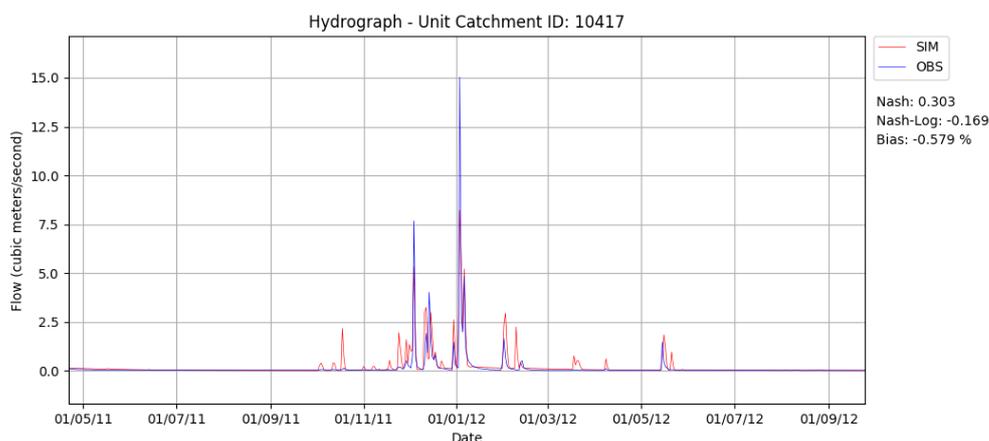


Figura 2.31 – Zoom sobre os hidrogramas observados e simulados para a estação 44890000

2.3.6 Estação fluviométrica 44770000

A Figura 2.32 apresenta a comparação entre o hidrograma observado na estação, em azul, e o simulado, em vermelho. Nessa, também são apresentadas métricas de desempenho obtidas. Já a Figura 2.33 apresenta um zoom sobre um intervalo específico do período de calibração.

Percebe-se na figura sem o zoom que para essa estação foi obtido coeficiente de Nash positivo, mas um coeficiente de Nash-Log muito ruim e negativo. Porém, o zoom apresentado permite ver a vazão no período de estiagem nos dados observados permanece quase constante o tempo todo, o que levou a crer que esta estação pode estar com problemas nos dados uma vez que ao cessar a precipitação

a vazão de base deveria ir gradativamente caindo, como foi observado no modelo. Ainda assim, vou obtido um erro volumétrico baixo, de apenas 7%. Na região de calibração contemplada por essa estação fluviométrica existem dois barramentos propostos, Cocos e Sítio Novo. Em termos de resultado do modelo para o dimensionamento do reservatório acredita-se que a observação do erro volumétrico seja mais importante do que os demais parâmetros dada a falta de confiança nos dados observados dessa estação, conforme comentado anteriormente.

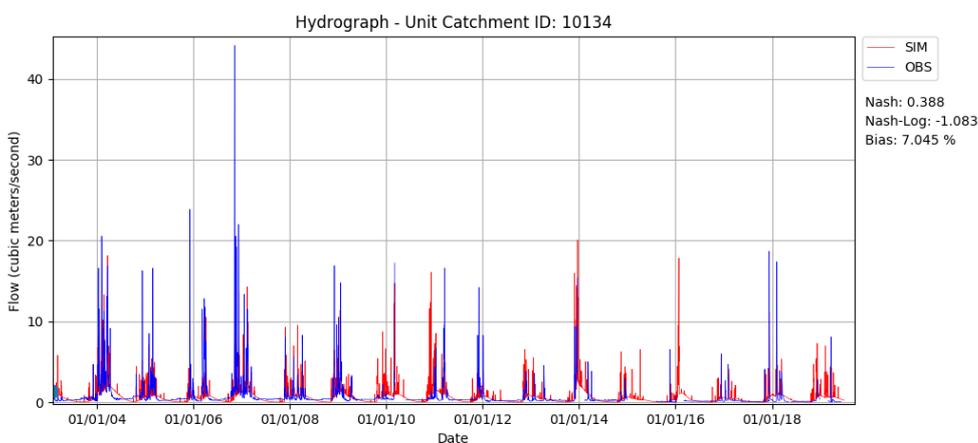


Figura 2.32 – Hidrogramas observados e simulados para a estação 44770000

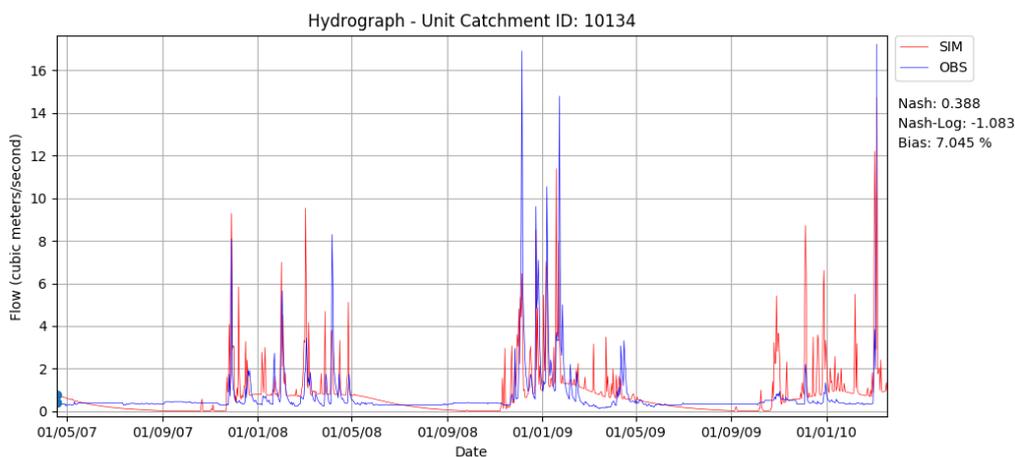


Figura 2.33 – Zoom sobre os hidrogramas observados e simulados para a estação 44770000

	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

2.3.7 Estação fluviométrica 44850100

A Figura 2.34 apresenta a comparação entre o hidrograma observado na estação, em azul, e o simulado, em vermelho. Nessa, também são apresentadas métricas de desempenho obtidas. Já a Figura 2.35 apresenta um zoom sobre um intervalo específico do período de calibração.

Percebe-se que para essa estação que fica na região do Alto Verde Pequeno foram obtidas métricas positivas nos coeficientes de Nash e Nash-Log além de um baixo erro volumétrico, de apenas 6%. As vazões de base ficaram particularmente bem calibradas como pode ser observado no zoom do hidrograma e é interessante observar que novamente as vazões observadas quase se igualam a zero durante a estiagem. Dessa forma, a ordem de grandeza das vazões simuladas nas mínimas é a mesma das vazões observadas, mas, por se tratarem de valores muito pequenos, pequenas diferenças absolutas são suficientes para o que a métrica nash-log acuse erros possivelmente maiores do que realmente são. Isso fica evidente ao observar o zoom da Figura 2.35.

Na região calibrada por essa estação se encontram os barramentos propostos de São Domingos e Mamonas. Com relação aos resultados do modelo como base para a simulação das vazões regularizadas por esse, pode-se dizer que o modelo foi conservador e a favor da segurança devido ao seu erro volumétrico negativo, ainda que baixo, aos picos observados terem sido, na maioria dos casos, superiores aos simulados.

Elaborado por: 	N° da revisão: 02	Código do Documento: Apêndice 5 - Aplicação MGB_REV02	50/67
---	-------------------------	--	-------

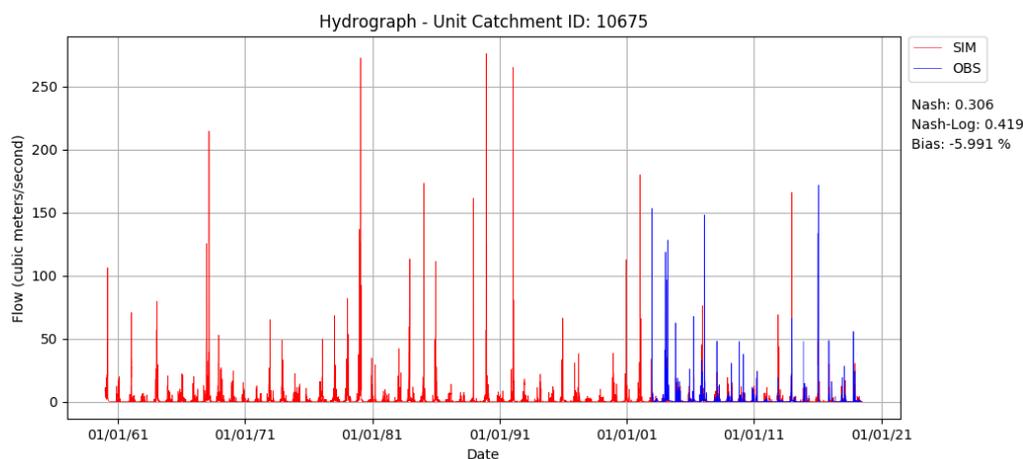


Figura 2.34 – Hidrogramas observados e simulados para a estação 44850100

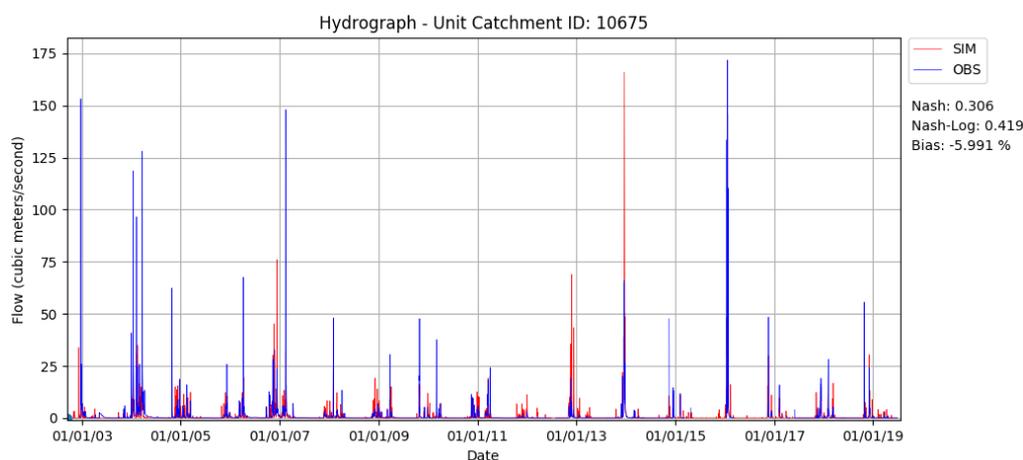


Figura 2.35 – Zoom sobre os hidrogramas observados e simulados para a estação 44850100

2.3.8 Estação fluviométrica 44950000

A Figura 2.36 apresenta a comparação entre o hidrograma observado na estação, em azul, e o simulado, em vermelho. Nessa, também são apresentadas métricas de desempenho obtidas. Já a Figura 2.37 apresenta um zoom sobre um intervalo específico do período de calibração.

Percebe-se que essa estação que fica próxima ao exutório da bacia do Verde Grande teve os piores resultados dentre todas as estações analisadas, com métricas de desempenho de Nash e Nash-Log próximas a zero e um altíssimo erro volumétrico. Mesmo no período mais antigo de dados ainda apresenta vazões

simuladas significativamente mais altas que as observadas. Isso pode ocorrer por duas razões principais.

A primeira seria a forte influência que o aquífero cárstico exerce sobre as vazões até elas chegarem neste ponto, “sugando” parte da água de uma maneira que o MGB não foi programado para representar. A segunda razão pode ser a utilização do método de propagação de vazões *Muskingun-Cunge* que não tem a capacidade de representar a atenuação natural das ondas de cheia que ocorrem em regiões onde há o extravasamento da água da calha para a planície. Como a região onde está inserida esta estação é bem plana pode ser que este efeito ocorra.

Porém, por se tratar da última estação fluviométrica da bacia e ser relativamente longe dos locais onde foram propostos os novos barramentos, entende-se que a má calibração deste ponto específico não compromete o andamento do trabalho no que tange a geração de resultados de vazão nesses locais previstos para implantação de barragens.

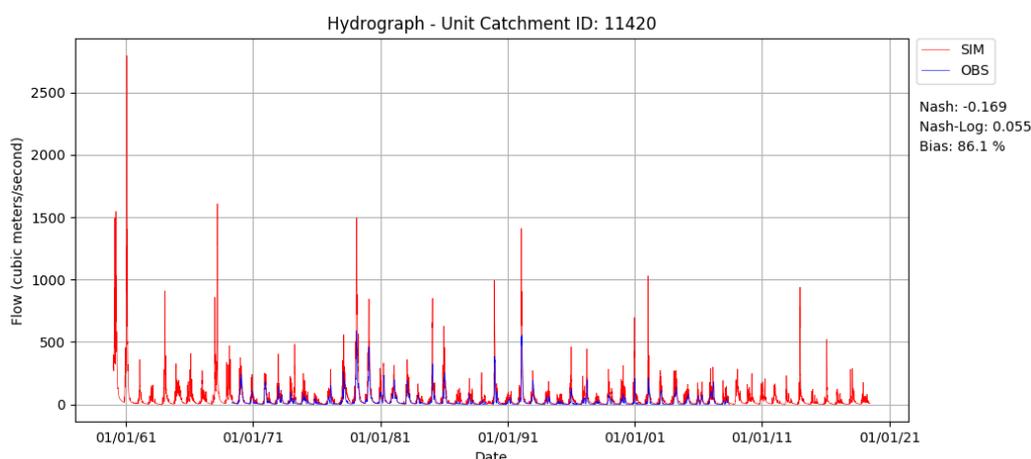


Figura 2.36 – Hidrogramas observados e simulados para a estação 44950000

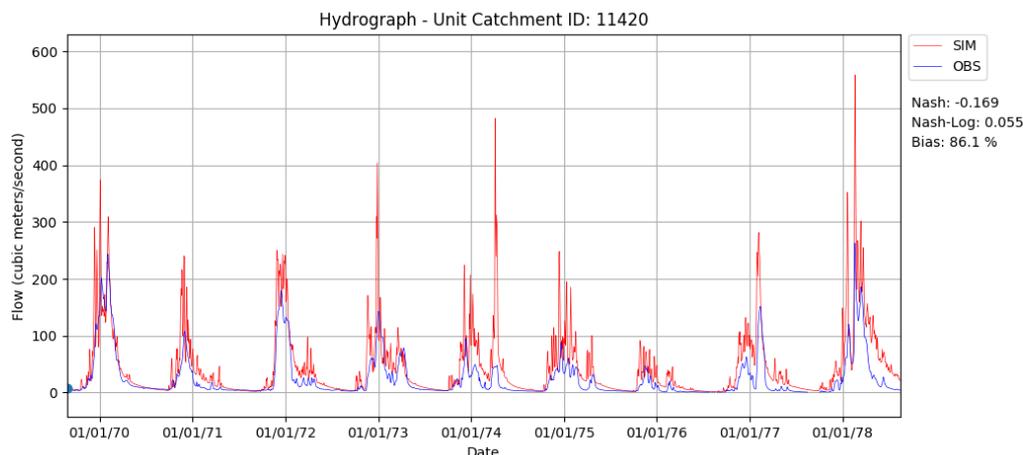


Figura 2.37 – Zoom sobre os hidrogramas observados e simulados para a estação 44950000

2.4 Considerações sobre a primeira calibração e realização da segunda calibração

Conforme foi descrito, a calibração do modelo MGB buscou, em um primeiro momento, dar suporte para que fosse realizada a modelagem das vazões afluentes aos reservatórios propostos para aumentar a oferta hídrica na Bacia do Rio Verde Grande e, posteriormente, gerar as séries de vazões para o modelo de balanço hídrico WARM-GIS. Com relação aos resultados observados após a calibração do modelo MGB apresentada até aqui, o Quadro 2.6 apresenta as métricas de desempenho, de maneira resumida, para todas as estações fluviométricas, calculadas durante todo o período de simulação.

Quadro 2.6 - Métricas de desempenho obtidas após a calibração do modelo MGB

Estação Fluviométrica	Métricas de Desempenho		
	Nash	Nash-Log	Bias
44350000	0,515	0,687	-7%
44600000	0,402	0,639	4%
44630000	0,223	0,185	16%
44640000	0,483	0,517	-6%
44670000	0,558	0,309	19%
44750000	0,239	-1,658	8%
44770000	0,388	-1,083	7%
44850100	0,306	0,419	-6%
44890000	0,303	-0,169	-1%
44950000	-0,169	0,055	86%

	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

De maneira geral pode-se dizer que o modelo MGB foi aplicado com relativo sucesso na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande na comparação entre as vazões simuladas e as observadas, principalmente se levar em consideração as particularidades da bacia, como a presença de reservatórios e do aquífero cárstico, que se comporta de maneira para a qual o modelo não foi especificamente elaborado. As vazões de base ficaram muito parecidas com as observadas nos postos fluviométricos na maioria das estações e, principalmente, naquelas que são de interesse para os estudos de viabilidade dos reservatórios propostos.

Contudo, ao realizar a comparação das vazões geradas nessa etapa de calibração com aquelas de referência adotadas pelo ANA no Marco Regulatório, observou-se que as vazões geradas pelo MGB estavam superiores àquelas geradas e utilizadas pela ANA para fornecer outorgas para retiradas no rio Verde Grande.

Observou-se que uma das estações utilizadas para a geração das vazões específicas utilizadas no MR foi a estação Capitão Enéas (44630000). Esta não foi diretamente utilizada na modelagem com o MGB por possuir apenas uma série consistente de dados disponível no Hidroweb posterior à década de 90 e, como a intenção com o modelo era gerar séries de vazões com menor influência antrópica, havia-se considerado para a calibração da porção do Alto Verde Grande apenas a estação Ponte de Rodagem (44600000), que não foi utilizada no MR e que fica a montante de Capitão Enéas. Essa estação possui dados entre 1970 e 1975.

Assim, para buscar aproximar as vazões Q_{95} calculadas a partir da modelagem com o MGB daquelas informadas no MR, foi realizada, após o recebimento das considerações deste documento, a criação de uma nova sub-bacia para a calibração exclusivamente da estação Capitão Enéas e ajustes resultantes dessa calibração nos parâmetros das estações a jusante, que são Fazenda Alegre (44640000) e Colônia Jaíba (44670000). A criação dessa sub-bacia teve, portanto, o objetivo exclusivamente de aproximar as vazões mínimas geradas pelo MGB àquelas do MR ao longo da calha do rio Verde Grande.

Essa nova sub-bacia foi criada entre a estação Ponte de Rodagem e logo antes da confluência do Verde Grande com o rio Canabrava. A ela foi atribuído o ID 9 e a mesma é apresentada na Figura 2.38, juntamente aos pontos que delimitam as

Elaborado por: 	N° da revisão: 02	Código do Documento: Apêndice 5 - Aplicação MGB_REV02	54/67
---	-------------------------	--	-------

regiões de disponibilidade hídrica do MR. É importante ressaltar que essa nova sub-bacia não contém nenhuma daquelas selecionadas e apresentadas no Capítulo 6.

O Quadro 2.7 apresenta as medidas de desempenho anteriores à adoção e calibração com a sub-bacia 9 bem como as medidas obtidas após a calibração manual dessa, com os resultados que melhoraram em azul e os que pioraram em vermelho. Percebe-se que os ganhos da calibração da Q₉₅ em comparação às do MR através da alteração dos parâmetros da Sub-bacia 9 foram sempre superiores ao decréscimo que ocorreu com relação ao parâmetro Nash, ainda que se tenha buscado, também, os melhores valores possíveis para esta métrica bem como com relação ao erro volumétrico.

Quadro 2.7 - Medidas de desempenho na primeira calibração e na segunda após inclusão da Sub-bacia 9. Valores em vermelho são os que houve piora com relação à primeira calibração e, em azul, quando houve melhora.

Estação Fluviométrica	Pré-Recalibração			Pós-Recalibração		
	Nash	Nash-Log	Bias	Nash	Nash-Log	Bias
44350000	0,515	0,687	-0,07	0,515	0,687	-0,07
44600000	0,402	0,639	0,04	0,402	0,639	0,04
44630000	0,223	0,185	0,16	0,208	0,302	-0,16
44640000	0,483	0,517	-0,06	0,422	0,643	-0,22
44670000	0,558	0,309	0,19	0,552	0,409	-0,01
44750000	0,239	-1,658	0,08	0,239	-1,658	0,08
44770000	0,388	-1,083	0,07	0,388	-1,083	0,07
44850100	0,306	0,419	-0,06	0,306	0,419	-0,06
44890000	0,303	-0,169	-0,01	0,303	-0,169	-0,01
44950000	-0,169	0,055	0,86	-0,001	0,117	0,72

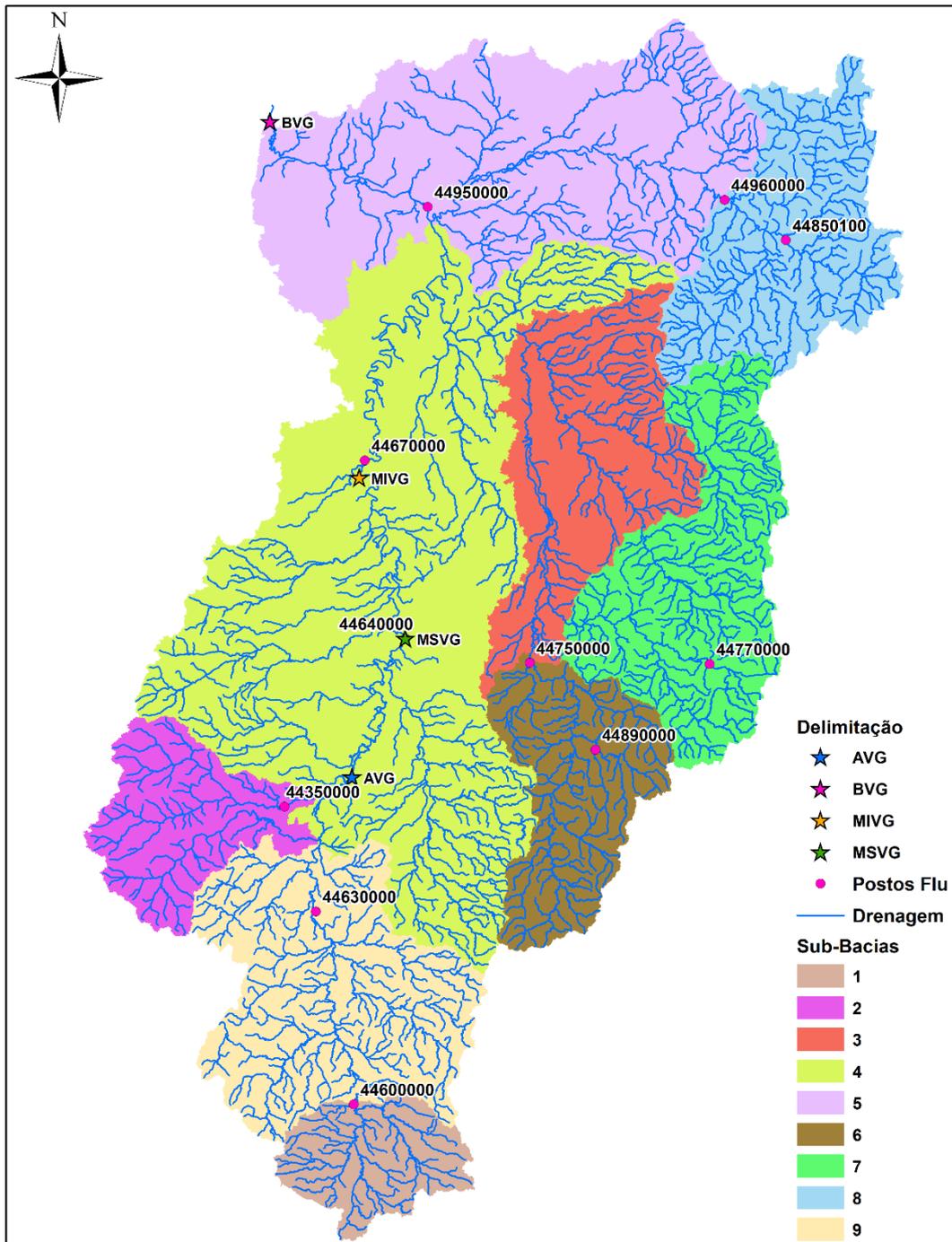


Figura 2.38 – Divisão das sub-bacias após inclusão da Sub-bacia 9.

Por fim o Quadro 2.8 apresenta a comparação entre as vazões Q_{95} do MR com as calculadas a partir das vazões provenientes do MGB de maneira mensal. As vazões Q_{95} calculadas a partir das séries geradas pelo MGB consideraram todo período de simulação do modelo com exceção dos primeiros dois anos para evitar

a influências das condições iniciais do modelo, ou seja, de 1963 a 2018. Ainda, com relação à foz descontou-se desta as vazões Q_{95} mensais geradas pelo modelo para o Verde Pequeno e Gortuba pois estas também não são consideradas no MR.

A comparação entre as vazões Q_{95} mensais permite verificar que, com relação às vazões no período seco, as modeladas com o MGB ficaram muito próximas àquelas adotadas pelo MR. Já com relação às vazões do período úmido nota-se que as modeladas pelo MGB ficaram acima daquelas adotadas pelo MR na maioria dos meses desse período nas sub-bacias.

Ressalta-se que são negativos os erros volumétricos apresentados no Quadro 2.7 para as estações 44630000, 44640000 e 44670000, que estão contidas ou no exutório das sub-bacias AVG, MSVG e MIVG. Isso quer dizer que em comparação com os dados das estações fluviométricas o modelo MGB com a calibração para ajustar as vazões Q_{95} às do MR já apresenta vazões mais baixas que as observadas. Assim, caso se buscasse reduzir ainda mais as vazões simuladas pelo MGB para ajustar também as vazões no período úmido do MR, as vazões simuladas se afastariam ainda mais das observadas nas estações. A Figura 1.39, Figura 2.40 e Figura 2.41 apresentam os hidrogramas simulados e observados das estações citadas.

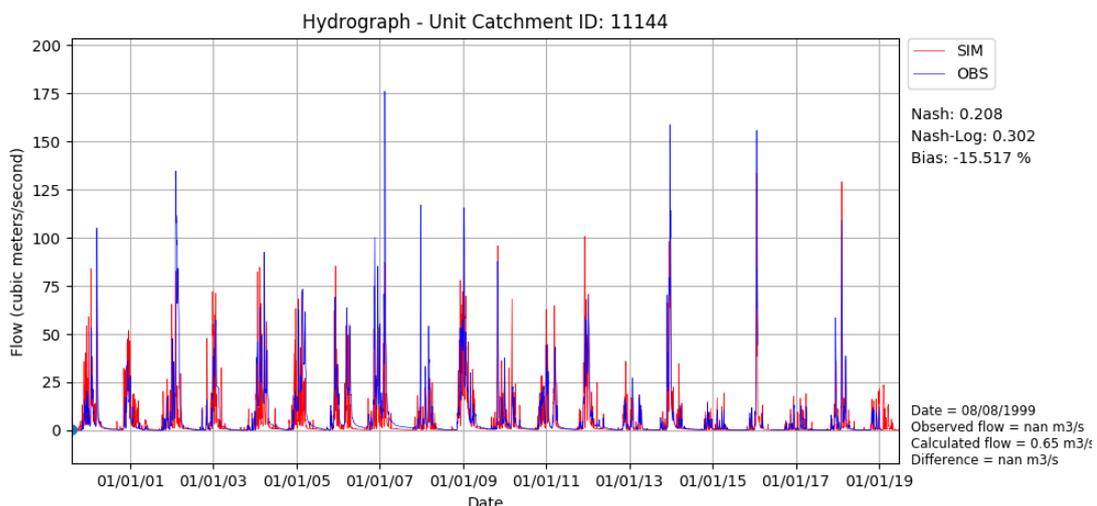


Figura 2.39 – Hidrogramas simuladas e observados com relação à estação fluviométrica 44630000.

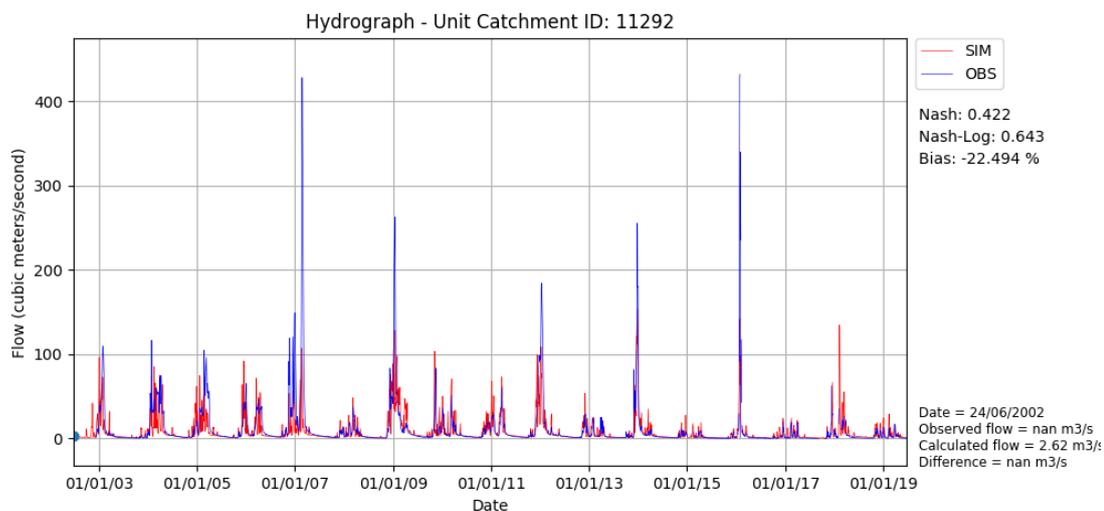


Figura 2.40 – Hidrogramas simuladas e observados com relação à estação fluviométrica 44640000.

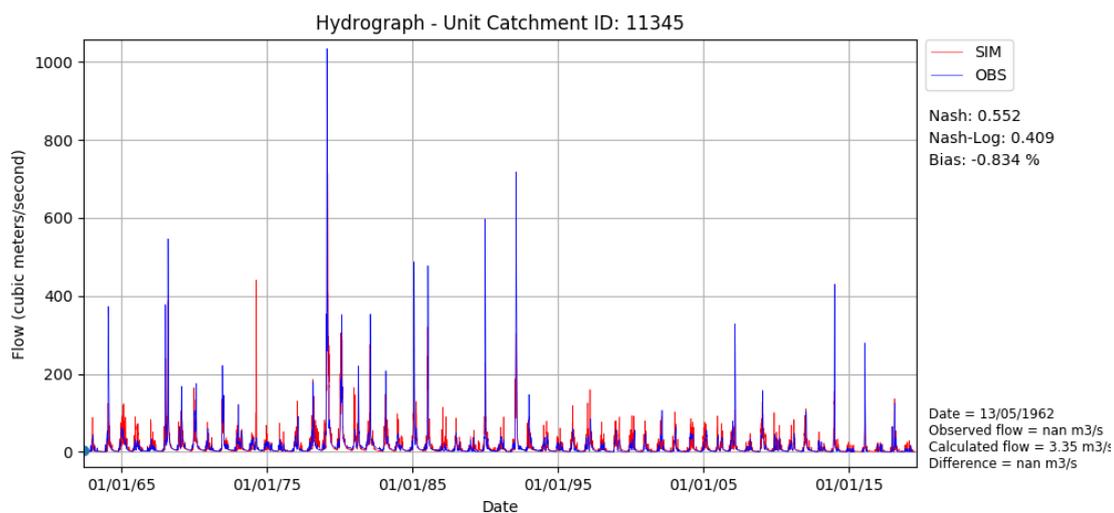


Figura 2.41 – Hidrogramas simuladas e observados com relação à estação fluviométrica 44670000

Contudo, apesar das melhorias na métrica Nash-Log, destaca-se que a calibração realizada anteriormente considerava apenas uma estação de cabeceira (44600000) para calibração da porção superior da bacia, tipo de relevo no qual se encontram os barramentos propostos. Assim, uma vez que a diminuição na vazão de base que ocorre junto às estações 44640000 e 44670000 pode estar correlacionada tanto a retiradas antrópicas quanto a sumidouros do aquífero cárstico, e que a primeira calibração focou em parte no ajuste das cabeceiras do Verde Grande, foram utilizados os resultados da primeira calibração para fornecer

	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

os dados para modelagem das vazões possíveis de serem regularizadas pelos reservatórios propostos.

O Quadro 2.8 mostra as vazões de referência Q95 mensais apresentadas no Marco Regulatório e aquelas obtidas com o modelo MGB. Destaca-se nessa comparação que as vazões no período seco modeladas ficaram próximas às do MR e que nos locais de referência houve superestimativa do MGB nos períodos úmidos na mesma comparação, com exceção do MIVG que também ficou bem representado de maneira geral nesse período. Isso pode levar a crer que haveria uma superestimativa também das vazões regularizadas pelos reservatórios propostos utilizando as séries obtidas com o MGB, mas novamente destaca-se que esses se encontram nas cabeceiras das bacias, em locais em que, como mostrado anteriormente na calibração individual das estações, o modelo apresentou baixos erros volumétricos. Assim, se tem confiança na utilização dos resultados do MGB tanto para a operação dos reservatórios quanto para avaliação da extensão dos seus benefícios em situações de escassez hídrica ao longo do Verde Grande vista a proximidade das vazões modeladas no período seco tanto na comparação com o MR quanto com as estações fluviométricas.

Uma vez calculadas as vazões regularizadas pelos reservatórios, foram utilizadas no modelo de balanço hídrico WARM-GIS as vazões de referências Q_{95} geradas através dessa segunda calibração apresentada nesse item. Isso porque os efeitos dos reservatórios e transposições propostos afetam principalmente a calha do Verde Grande, que foi melhor calibrada nas mínimas após a segunda calibração.

Elaborado por: 	N° da revisão: 02	Código do Documento: Apêndice 5 - Aplicação MGB_REV02	59/67
---	-------------------------	--	-------

Quadro 2.8 - Comparação entre as vazões de referência Q_{95} apresentadas no MR e as geradas pelo MGB após a segunda etapa de calibração

Trecho	Disponibilidade	Vazões (m ³ /s)													
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média Período Seco	Média Período Úmido
1 - Alto Verde Grande	MR	2,391	2,141	2,079	1,155	0,923	0,814	0,683	0,62	0,562	0,58	0,952	1,498	0,697	1,703
	MGB	1,198	3,253	2,503	2,032	1,158	0,774	0,668	0,579	0,509	0,493	2,409	4,214	0,697	2,601
2 - Médio Superior Verde Grande	MR	2,694	2,468	2,572	1,217	1,164	0,99	0,8	0,77	0,754	0,786	1,324	1,691	0,877	1,994
	MGB	2,076	4,347	3,153	2,733	1,65	1,101	0,897	0,75	0,602	0,545	2,428	3,922	0,924	3,11
3 - Médio Inferior Verde Grande	MR	5,505	3,48	3,482	2,309	1,59	1,289	1,08	1,029	0,84	1,215	1,453	3,442	1,174	3,278
	MGB	2,937	5,492	3,655	3,317	1,952	1,348	1,013	0,784	0,561	0,468	2,176	3,571	1,021	3,525
4 - Baixo verde Grande	MR	8,629	4,605	4,494	3,522	2,064	1,623	1,392	1,316	0,934	1,692	1,597	5,39	1,504	4,706
	MGB	7,508	12,81	6,098	7,193	3,356	2,553	1,495	0,894	0,497	0,303	1,251	5,336	1,516	6,7

	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bravo, J.M., Allasia, D., Paz, A.R., Collischonn, W., Tucci, C.E.M., 2012. **Coupled hydrologic-hydraulic modeling of the upper Paraguay River Basin**. J. Hydrol. Eng. 17, 635.
- Buarque, D.C., Collischonn, W., Paiva, R.C.D., 2012. **Coupling a basin erosion and river sediment transport model into a large-scale hydrological model: an application in the Amazon basin**. Geophys. Res. Abstr. 14, 11935
- Collischonn, W., Allasia, D.G., Silva, B.C., Tucci, C.E., 2007. **The MGB-IPH model for large-scale rainfall-runoff modelling**. Hydrol. Sci. J. 52, 878–895.
- Collischonn, W., Haas, R., Andreolli, I., Tucci, C.E.M., 2005. **Forecasting river Uruguay flow using rainfall forecasts from a regional weather-prediction model**. J. Hydrol. 305, 87–98.
- Fan, F.M., Collischonn, W., Meller, A., Botelho, L.C., 2014. **Ensemble streamflow forecasting experiments in a tropical basin: the São Francisco river case study**. J. Hydrol. (Amsterdam) 519, 2906–2919.
- Fan, F.M., Collischonn, W., Quiroz, K.J., Sorribas, M.V., Buarque, D.C., Siqueira, V.A., 2015a. **Flood forecasting on the Tocantins river using ensemble rainfall forecasts and real-time satellite rainfall estimates**. J. Flood Risk Manage. 9, 278–288.
- Fan, F.M., Collischonn, W., Quiroz, K.J., Sorribas, M.V., Buarque, D.C., Siqueira, V.A., 2015c. **Flood forecasting on the Tocantins river using ensemble rainfall forecasts and real-time satellite rainfall estimates**. J. Flood Risk Manage. 9, 278–288.
- Fan, F.M., Fleischmann, A.S., Collischonn, W., Ames, D.P., Rigo, D., 2015b. **Large-scale analytical water quality model coupled with GIS for simulation of point sourced pollutant discharges**. Environ. Model. Softw. 64, 58–71.
- Farr, T. G., Rosen, P. A., Caro, E., Crippen, R., Duren, R., Hensley, S., Shimada, J.; Umland, J.; Werner, M.; Oskin, M.; Burbank, D.; Alsdorf, D, 2007. **The shuttle radar topography mission**. Reviews of geophysics, 45, 2.

Elaborado por: 	Nº da revisão: 02	Código do Documento: Apêndice 5 - Aplicação MGB_REV02	61/67
---	----------------------	--	-------

	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

- Felix, V. S.; Paz, A. R., 2016. **Representação dos processos hidrológicos em bacia hidrográfica do semiárido paraibano com modelagem hidrológica distribuída.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos 21, 3, 556-569.
- Fleischmann, A. S., Collischonn, W., Paiva, R. C. D. D. 2019b. **Estimating design hydrographs at the basin scale: from event-based to continuous hydrological simulation.** RBRH, 24.
- Fleischmann, A., Fan, F., Collischonn, B., Collischonn, W., Pontes, P., Ruhoff, A. 2019c. **Precipitation as a proxy for climate variables: application for hydrological modelling.** Hydrological Sciences Journal, (just-accepted).
- Fleischmann, A., Paiva, R., Collischonn, W. 2019a. **Can regional to continental river hydrodynamic models be locally relevant? A cross-scale comparison.** Journal of Hydrology X, 3, 100027.
- Nóbrega, M.T., Collischonn, W., Tucci, C.E.M., Paz, A.R., 2011. **Uncertainty in climate change impacts on water resources in the Rio Grande Basin, Brazil.** Hydrol. Earth Syst. Sci. 15, 585–595.
- Paiva, R.C.D., Collischonn, W., Bonnet, M.-P., Buarque, D.C., Frappart, F., Calmant, S., Mendes, C.B., 2013. **Large-scale hydrologic and hydrodynamic modelling of the Amazon River basin.** Water Resour. Res. <https://doi.org/10.1002/wrcr.20067>.
- Paiva, R.C.D., Collischonn, W., Bonnet, M.P., De Gonçalves, L.G.G., 2012. **On the sources of hydrological prediction uncertainty in the Amazon.** Hydrol. Earth Syst. Sci. 16, 3127–3137.
- Paiva, R.C.D., Collischonn, W., Tucci, C.E.M., 2011. **Large-scale hydrologic and hydrodynamic modeling using limited data and a GIS based approach.** J. Hydrol. 406, 170–181.
- Pontes, P. R. M., Fan, F. M., Fleischmann, A. S., Paiva, R. C. D., Buarque, D. C., Siqueira, V. A., Jardim, P. F., Sorribas, M. V., Collischonn, W., 2017. **MGB-IPH model for hydrological and hydraulic simulation of large floodplain river systems coupled with open source GIS.** Environmental Modelling & Software, 94, 1-20.

Elaborado por: 	Nº da revisão: 02	Código do Documento: Apêndice 5 - Aplicação MGB_REV02	62/67
---	----------------------	--	-------

APÊNDICE

A seguir são apresentados os parâmetros dos solos calibrados para a aplicação do modelo MGB:

Quadro 1 - Parâmetros do solo calibrados para a Sub-Bacia 1

URH	Wm	b	Kbas	Kint	XL	CAP	Wc
Agr_Prof	775	0.1	0.25	10	0.67	0	0.1
Agr_Raso	675	0.1	0.25	10	0.67	0	0.1
Cam_Prof	775	0.1	0.25	10	0.67	0	0.1
Cam_Raso	675	0.1	0.25	10	0.67	0	0.1
Flor_Prof	975	0.1	0.25	10	0.67	0	0.1
Flor_Raso	875	0.1	0.25	10	0.67	0	0.1
Past_Prof	775	0.1	0.25	10	0.67	0	0.1
Past_Raso	675	0.1	0.25	10	0.67	0	0.1
Area_Semi	200	0.1	0.25	10	0.67	0	0.1
Varzea	200	0.1	0.25	10	0.67	0	0.1
Agua	0	0	0	0	0	0	0
CS	1						
CI	100						
CB	4000						
QB_M3/SKM2	0.01						

Quadro 2 - Parâmetros do solo calibrados para a Sub-Bacia 2

URH	Wm	b	Kbas	Kint	XL	CAP	Wc
Agr_Prof	950	0.05	0.25	10	0.67	0	0.1
Agr_Raso	750	0.05	0.25	10	0.67	0	0.1
Cam_Prof	950	0.05	0.25	10	0.67	0	0.1
Cam_Raso	750	0.05	0.25	10	0.67	0	0.1
Flor_Prof	1150	0.05	0.25	10	0.67	0	0.1
Flor_Raso	950	0.05	0.25	10	0.67	0	0.1
Past_Prof	950	0.05	0.25	10	0.67	0	0.1
Past_Raso	750	0.05	0.25	10	0.67	0	0.1
Area_Semi	200	0.05	0.25	10	0.67	0	0.1
Varzea	200	0.05	0.25	10	0.67	0	0.1
Agua	0	0	0	0	0	0	0
CS	5						
CI	100						
CB	4000						
QB_M3/SKM2	0.01						

Quadro 3 - Parâmetros do solo calibrados para a Sub-Bacia 3

URH	Wm	b	Kbas	Kint	XL	CAP	Wc
Agr_Prof	1600	0.01	0.15	1	0.67	0	0.1
Agr_Raso	1400	0.01	0.15	1	0.67	0	0.1
Cam_Prof	1600	0.01	0.15	1	0.67	0	0.1
Cam_Raso	1400	0.01	0.15	1	0.67	0	0.1
Flor_Prof	1800	0.01	0.15	1	0.67	0	0.1
Flor_Raso	1600	0.01	0.15	1	0.67	0	0.1
Past_Prof	1600	0.01	0.15	1	0.67	0	0.1
Past_Raso	1400	0.01	0.15	1	0.67	0	0.1
Area_Semi	300	0.01	0.15	1	0.67	0	0.1
Varzea	300	0.01	0.15	1	0.67	0	0.1
Agua	0	0	0	0	0	0	0
CS	15						
CI	100						
CB	1000						
QB_M3/SKM2	0.01						

Quadro 4 - Parâmetros do solo calibrados para a Sub-Bacia 4

URH	Wm	b	Kbas	Kint	XL	CAP	Wc
Agr_Prof	1600	0.01	0.15	1	0.67	0	0.1
Agr_Raso	1400	0.01	0.15	1	0.67	0	0.1
Cam_Prof	1600	0.01	0.15	1	0.67	0	0.1
Cam_Raso	1400	0.01	0.15	1	0.67	0	0.1
Flor_Prof	1800	0.01	0.15	1	0.67	0	0.1
Flor_Raso	1600	0.01	0.15	1	0.67	0	0.1
Past_Prof	1600	0.01	0.15	1	0.67	0	0.1
Past_Raso	1400	0.01	0.15	1	0.67	0	0.1
Area_Semi	300	0.01	0.15	1	0.67	0	0.1
Varzea	300	0.01	0.15	1	0.67	0	0.1
Agua	0	0	0	0	0	0	0
CS	15						
CI	100						
CB	1000						
QB_M3/SKM2	0.01						

Quadro 5 - Parâmetros do solo calibrados para a Sub-Bacia 5

URH	Wm	b	Kbas	Kint	XL	CAP	Wc
Agr_Prof	1600	0.01	0.15	1	0.67	0	0.1
Agr_Raso	1400	0.01	0.15	1	0.67	0	0.1
Cam_Prof	1600	0.01	0.15	1	0.67	0	0.1
Cam_Raso	1400	0.01	0.15	1	0.67	0	0.1
Flor_Prof	1800	0.01	0.15	1	0.67	0	0.1
Flor_Raso	1600	0.01	0.15	1	0.67	0	0.1
Past_Prof	1600	0.01	0.15	1	0.67	0	0.1
Past_Raso	1400	0.01	0.15	1	0.67	0	0.1
Area_Semi	300	0.01	0.15	1	0.67	0	0.1
Varzea	300	0.01	0.15	1	0.67	0	0.1
Agua	0	0	0	0	0	0	0
CS	15						
CI	100						
CB	1000						
QB_M3/SKM2	0.01						

Quadro 6 - Parâmetros do solo calibrados para a Sub-Bacia 6

URH	Wm	b	Kbas	Kint	XL	CAP	Wc
Agr_Prof	450	0.12	0.12	1	0.67	0	0.1
Agr_Raso	350	0.12	0.12	1	0.67	0	0.1
Cam_Prof	450	0.12	0.12	1	0.67	0	0.1
Cam_Raso	350	0.12	0.12	1	0.67	0	0.1
Flor_Prof	550	0.12	0.12	1	0.67	0	0.1
Flor_Raso	450	0.12	0.12	1	0.67	0	0.1
Past_Prof	450	0.12	0.12	1	0.67	0	0.1
Past_Raso	350	0.12	0.12	1	0.67	0	0.1
Area_Semi	200	0.12	0.12	1	0.67	0	0.1
Varzea	200	0.12	0.12	1	0.67	0	0.1
Agua	0	0	0	0	0	0	0
CS	10						
CI	100						
CB	500						
QB_M3/SKM2	0.01						

Quadro 7 - Parâmetros do solo calibrados para a Sub-Bacia 7

URH	Wm	b	Kbas	Kint	XL	CAP	Wc
Agr_Prof	850	0.4	2	10	0.67	0	0.1
Agr_Raso	650	0.4	2	10	0.67	0	0.1
Cam_Prof	850	0.4	2	10	0.67	0	0.1
Cam_Raso	650	0.4	2	10	0.67	0	0.1
Flor_Prof	950	0.4	2	10	0.67	0	0.1
Flor_Raso	750	0.4	2	10	0.67	0	0.1
Past_Prof	850	0.4	2	10	0.67	0	0.1
Past_Raso	650	0.4	2	10	0.67	0	0.1
Area_Semi	200	0.4	2	10	0.67	0	0.1
Varzea	200	0.4	2	10	0.67	0	0.1
Agua	0	0	0	0	0	0	0
CS	1						
CI	100						
CB	500						
QB_M3/SKM2	0.01						

Quadro 8 - Parâmetros do solo calibrados para a Sub-Bacia 8

URH	Wm	b	Kbas	Kint	XL	CAP	Wc
Agr_Prof	350	0.13	0.01	1	0.67	0	0.1
Agr_Raso	250	0.13	0.01	1	0.67	0	0.1
Cam_Prof	350	0.13	0.01	1	0.67	0	0.1
Cam_Raso	250	0.13	0.01	1	0.67	0	0.1
Flor_Prof	450	0.13	0.01	1	0.67	0	0.1
Flor_Raso	350	0.13	0.01	1	0.67	0	0.1
Past_Prof	350	0.13	0.01	1	0.67	0	0.1
Past_Raso	250	0.13	0.01	1	0.67	0	0.1
Area_Semi	100	0.13	0.01	1	0.67	0	0.1
Varzea	100	0.13	0.01	1	0.67	0	0.1
Agua	0	0	0	0	0	0	0
CS	20						
CI	100						
CB	1000						
QB_M3/SKM2	0.01						

	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

Quadro 9 - Parâmetros do solo calibrados para a Sub-Bacia 9, utilizada apenas na segunda calibração do modelo MGB

URH	Wm	b	Kbas	Kint	XL	CAP	Wc
Agr_Prof	1100	0.1	0.01	1	0.67	0	0.1
Agr_Raso	900	0.1	0.01	1	0.67	0	0.1
Cam_Prof	1100	0.1	0.01	1	0.67	0	0.1
Cam_Raso	900	0.1	0.01	1	0.67	0	0.1
Flor_Prof	1300	0.1	0.01	1	0.67	0	0.1
Flor_Raso	1100	0.1	0.01	1	0.67	0	0.1
Past_Prof	1100	0.1	0.01	1	0.67	0	0.1
Past_Raso	900	0.1	0.01	1	0.67	0	0.1
Area_Semi	100	0.1	0.01	1	0.67	0	0.1
Varzea	100	0.1	0.01	1	0.67	0	0.1
Agua	0	0	0	0	0	0	0
CS	15						
CI	100						
CB	1000						
QB_M3/SKM2	0.01						

	<p>Tipo de Documento: Relatório Técnico</p> <p>P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO</p>	
<p>ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE</p>		

Apêndice 6⁵: Sistema de Suporte à Decisão WARM-GIS Tools

⁵ O Apêndice 6 corresponde parcialmente a NT-02 proposta no Plano de Trabalho, e elaborada durante o trabalho, para apresentar a metodologia dos Sistemas de Suporte a Decisão para Balanço Hídrico e Seleção de Alternativas.

<p>Elaborado por:</p> 	<p>Nº da revisão: 02</p>	<p>Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P6_IOH_AvaliaçãoConjunta_REV02</p>	
---	------------------------------	---	--

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Esquema de geração dos arquivos vetoriais de entrada que representam a bacia hidrográfica: a) Modelo Digital de Elevação, b) cálculo das direções de fluxo, c) cálculo da área acumulada, d) definição dos trechos de drenagem formato raster, e) discretização em minibacias – formato raster, f) rede de drenagem e minibacias em formato vetorial. (Fonte: Kayser e Collischonn, 2017)	4
Figura 1.2 – Esquema de simulação por ordem de trecho no modelo WARM-GIS Tools. (Fonte: Kayser e Collischonn, 2017).....	5
Figura 1.3– Esquema de representação do módulo de Balanço Hídrico do WARM-GIS Tools. (Fonte: Kayser e Collischonn, 2017)	6
Figura 1.4 - Comparação do resultado do Índice de Estresse Hídrico no mês mais crítico: a) sem o reservatório, b) com o reservatório.	9
Figura 1-5 - Demandas mapeadas provenientes do CNARH.....	12
Figura 1-6 - ETEs cadastradas no ATLAS Esgotos: Despolição de Bacias Hidrográficas (ANA, 2017)	13

SUMÁRIO

1	O MODELO WARM-GIS.....	3
1.1	Módulo de Balanço Hídrico	5
1.2	Criação de um projeto para simulação da bacia do Rio Verde Grande.....	9
1.3	Considerações finais	14
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	15

APRESENTAÇÃO

Este Apêndice 6 corresponde parcialmente a Nota Técnica – 02, proposta no Plano de Trabalho e elaborada ao longo dos trabalhos do Estudo de Incremento da Oferta Hídrica, que trata de Metodologia para a elaboração dos Balanços Hídricos, com aplicação do Sistema de Suporte da Decisão WARM-GIS Tools.

1 O MODELO WARM-GIS

Conforme descrito no Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande (ANA, 2013), esta bacia vem sofrendo, principalmente após o início da década de 90 com sérios problemas de escassez hídrica. Parte dessa escassez ocorre devido ao aumento populacional na bacia, mas, principalmente, em virtude do aumento expressivo do uso da água para a agricultura, em particular para fins de irrigação.

A fim de considerar o impacto dos consumos antrópicos de água ao longo dos cursos d'água e avaliar como a implementação de reservatórios e transposições, com a finalidade de incremento da disponibilidade hídrica, poderiam ajudar a minimizar o déficit neste cenário de consumo, o presente documento propõe a utilização do software de modelagem do balanço hídrico denominado WARM-GIS.

O modelo WARM-GIS consiste em um pacote de ferramentas que pode ser instalado como um plugin ao software de SIG denominado MapWindow GIS, cuja finalidade é a modelagem, em regime de vazões permanentes, do balanço hídrico e modelagem da qualidade da água em bacias hidrográficas. O programa consegue simular, em um mesmo projeto, até 12 cenários de vazões, sendo o módulo de qualidade integrado ao módulo de balanço hídrico, apesar do último poder ser rodado de maneira independente.

O modelo baseia-se na estrutura topológica de bacias hidrográficas, a qual é extraída de Modelos Digitais de Elevação (MDE) e consiste em um arquivo do tipo raster onde cada célula apresenta a cota do terreno para uma certa resolução espacial. Ao final do processamento do MDE, obtemos uma discretização irregular em unidades chamadas de minibacias, obtendo-se também informações como área de drenagem a montante, comprimento do trecho de rede, código da minibacia e da minibacia de jusante, entre outros.

O processamento do MDE pode ser realizado utilizando diversas plataformas de geoprocessamento aplicado a recursos hídricos. A forma de obtenção recomendada é

utilizando o pacote de ferramentas denominado IPH-Hydro Tools (Siqueira et al, 2016), utilizado também como pré-processamento do modelo hidrológico MGB.

A Figura 1.1 apresenta um esquema de geração dos arquivos de entrada do modelo WARM-GIS Tools a partir de um Modelo Digital de Elevação. Nesta etapa, são realizadas operações, como a definição das direções de fluxo, fluxo acumulado, definição dos trechos de drenagem, minibacias em formato raster e, por fim, a conversão dos arquivos de rede de drenagem e minibacias para o formato de vetorial shapefile.

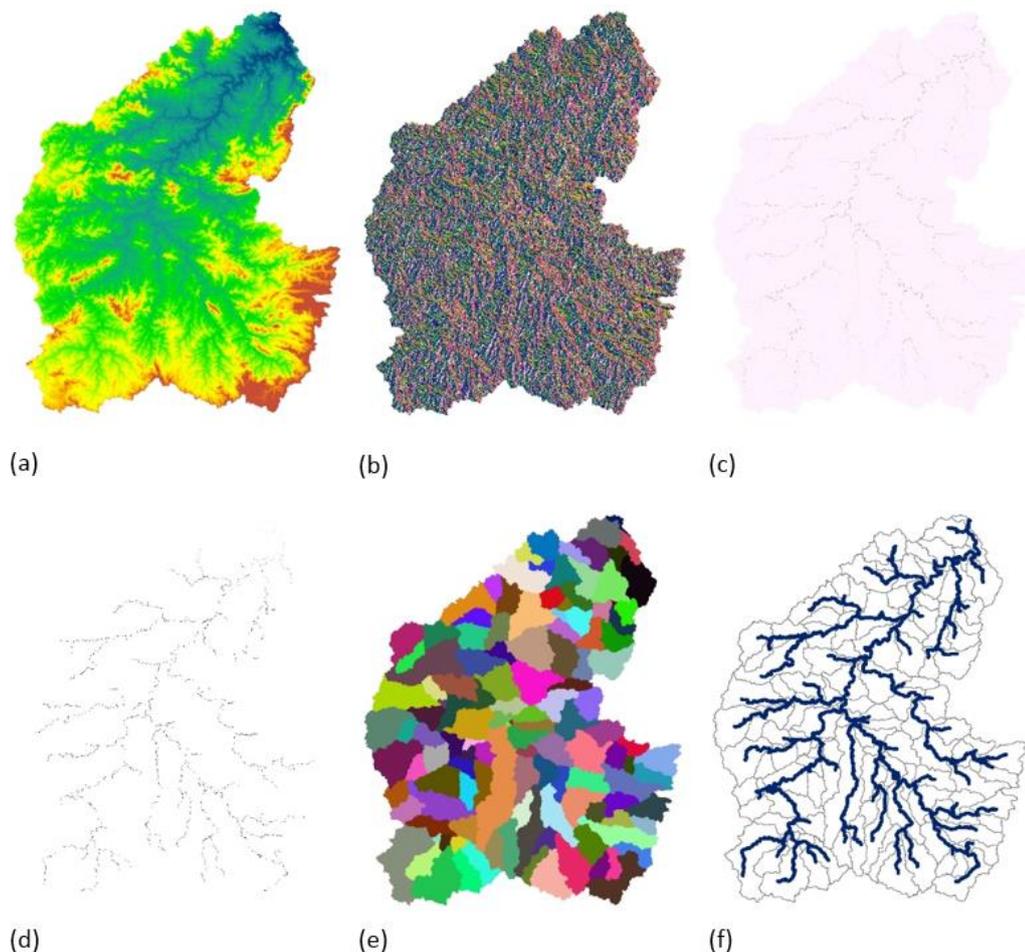


Figura 1.1 – Esquema de geração dos arquivos vetoriais de entrada que representam a bacia hidrográfica: a) Modelo Digital de Elevação, b) cálculo das direções de fluxo, c) cálculo da área acumulada, d) definição dos trechos de drenagem formato raster, e) discretização em minibacias – formato raster, f) rede de drenagem e minibacias em formato vetorial. (Fonte: Kayser e Collischonn, 2017)

O esquema de processamento do WARM-GIS Tools, de forma geral, é representado na Figura 1.2. Todos os trechos possuem codificações que identificam o trecho de jusante, e outro código que determinam a ordem do trecho. Primeiramente, são identificados todos os trechos de ordem 1 nas cabeceiras. Para esses são definidas uma condição inicial e

verificando a existência de usuários de água para cálculo do balanço hídrico e da qualidade, se for de interesse. Uma vez simuladas todas as minibacias de ordem 1, são identificados os trechos de ordem seguinte, utilizando os resultados de montante e verificando os usos existentes na minibacia atual, e assim sucessivamente até chegar ao exutório.

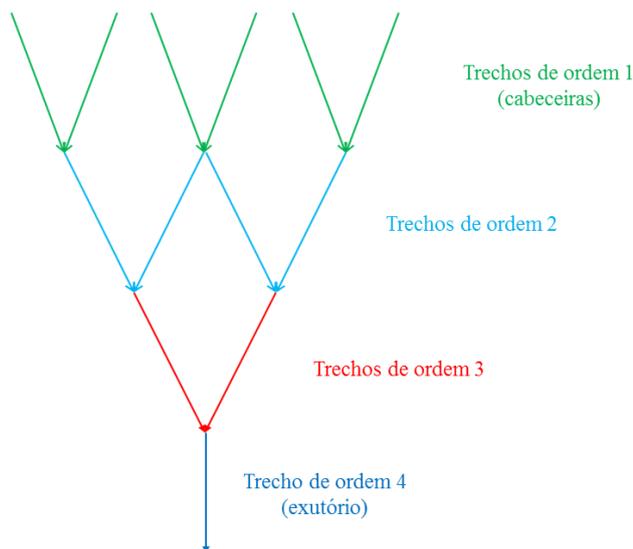


Figura 1.2 – Esquema de simulação por ordem de trecho no modelo WARM-GIS Tools. (Fonte: Kayser e Collischonn, 2017)

1.1 Módulo de Balanço Hídrico

O esquema de balanço hídrico consiste na contabilização dos pontos de captação inseridos no sistema, calculando-se a vazão remanescente e os possíveis déficits de não atendimento, caso a vazão remanescente atinja um nível inferior a um patamar mínimo. O modelo opera em modo permanente, através de valores únicos de vazão por minibacia, representando estatísticas das séries hidrológicas como a $Q_{7,10}$ ou a Q_{95} , entre outros indicadores. Como descrito, o modelo permite a simulação de até 12 cenários simultaneamente, podendo-se trabalhar de diversas formas, como por exemplo a simulação de um cenário para mês do ano, calculando-se a vazão com determinado percentual de permanência extraída para cada mês e observando-se as sazonalidades das captações, como também é possível fixar o cenário de vazão e testar diferentes cenários de retiradas e vice-versa.

Os dados de retiradas podem ser considerados de forma pontual ou difusa, o primeiro com o fornecimento de pontos nos quais a captação será atribuída à minibacia

sobre a qual estiver localizado o respectivo ponto, e o segundo com o fornecimento de polígonos sobre os quais se assume que exista uma retirada específica constante. A Figura 1.3 apresenta um esquema do modelo de balanço hídrico, onde as variáveis são explicitadas na sequência.

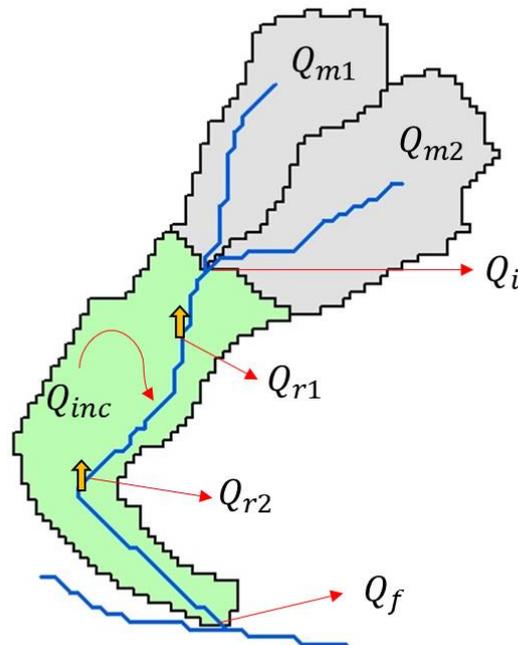


Figura 1.3– Esquema de representação do módulo de Balanço Hídrico do WARM-GIS Tools. (Fonte: Kayser e Collischonn, 2017)

Onde:

$Q_{m1}, Q_{m2}, \dots, Q_{mn}$ = vazões remanescentes das minibacias de montante;

Q_i = vazão inicial da minibacia;

Q_{inc} = vazão incremental da minibacia;

$Q_{r1}, Q_{r2}, \dots, Q_{rn}$ = pontos de retirada localizados em qualquer local no interior da minibacia;

Q_f = vazão remanescente final da minibacia;

O primeiro passo da simulação é o cálculo da vazão inicial da minibacia, sendo igual a zero nas minibacias de ordem 1, e dada pelo somatório das saídas das minibacias de montante para as minibacias de demais ordens, de acordo com a equação:

$$Q_i = 0, \text{ se } Ord = 1 \quad (1)$$

$$Q_i = \sum_{n=1}^{NM} Q_{mn}, se Ord > 1$$

Sendo NM o número de minibacias à montante.

Em seguida, calcula-se a vazão incremental da minibacia, dado pela seguinte equação:

$$Q_{inc} = Q_{ent} - Q_{i,nat} \quad (2)$$

Sendo Q_{ent} o valor de vazão fornecido como dado de entrada pelo usuário, e $Q_{i,nat}$ o valor de vazão inicial da minibacia, desconsiderando-se o efeito das retiradas de montante. A vazão final remanescente da minibacia será calculada em função de um critério da vazão ambiental (Q_{amb}), que pode ser atribuído como zero ou algum percentual da vazão natural do trecho, de acordo com a relação:

$$Q_f = Q_i + Q_{inc} - \sum_{n=1}^{NR} Q_{rn}, se Q_f \geq Q_{amb} \quad (3)$$

$$Q_f = Q_{amb}, se Q_f < Q_{amb}$$

Por fim, são calculados os déficits de não atendimento para os casos em que a vazão remanescente atinge o patamar da vazão ambiental, de acordo com a relação:

$$Q_{def} = 0, se Q_f \geq Q_{amb}$$

$$Q_{def} = \sum_{n=1}^{NR} Q_{rn} - Q_i - Q_{inc} + Q_{amb}, se Q_f < Q_{amb} \quad (4)$$

No caso da existência de reservatórios, a vazão final no ponto de barramento é substituída pela vazão liberada à jusante (Q_{jus}), cujo valor é fornecido pelo usuário.

$$Q_f = Q_{jus} \quad (5)$$

O resultado do módulo do balanço hídrico é expresso através do Índice de Estresse Hídrico (Water Stress Index – WSI), índice que relaciona a quantidade de água disponível e a quantidade de água remanescente (Q_f) em cada trecho de rio. O índice é calculado de acordo com a seguinte equação:

$$WSI = \frac{Q_{disp} - Q_f}{Q_{disp}} \quad (6)$$

onde Q_{disp} é a vazão disponível, representada pela vazão natural acrescida do efeito dos reservatórios e transposições.

No caso da existência de reservatórios, a vazão final no ponto de barramento é substituída pela vazão liberada à jusante (Q_{jus}).

$$Q_f = Q_{jus} \quad (6)$$

A vazão de lançamento representa a regra de operação do reservatório, sendo o valor atribuído à minibacia do barramento e propagado para jusante. É importante destacar que como se trata de um modelo em regime permanente, na abordagem de modelagem de reservatório não é possível realizar estimativa de garantia de atendimento, sendo estes cálculos realizados de forma externa ao WARM-GIS (Atividade 5). A Figura 1.4 apresenta um exemplo fictício de inserção de um reservatório no sistema. Na figura à esquerda, é ilustrada a situação do balanço hídrico sem a presença do novo reservatório, onde os trechos com coloração laranja, vermelha e preta representam as condições mais críticas. Na figura à direita, observa-se que a regularização do regime de vazões no trecho ajudou a reduzir o comprometimento hídrico a jusante da estrutura.

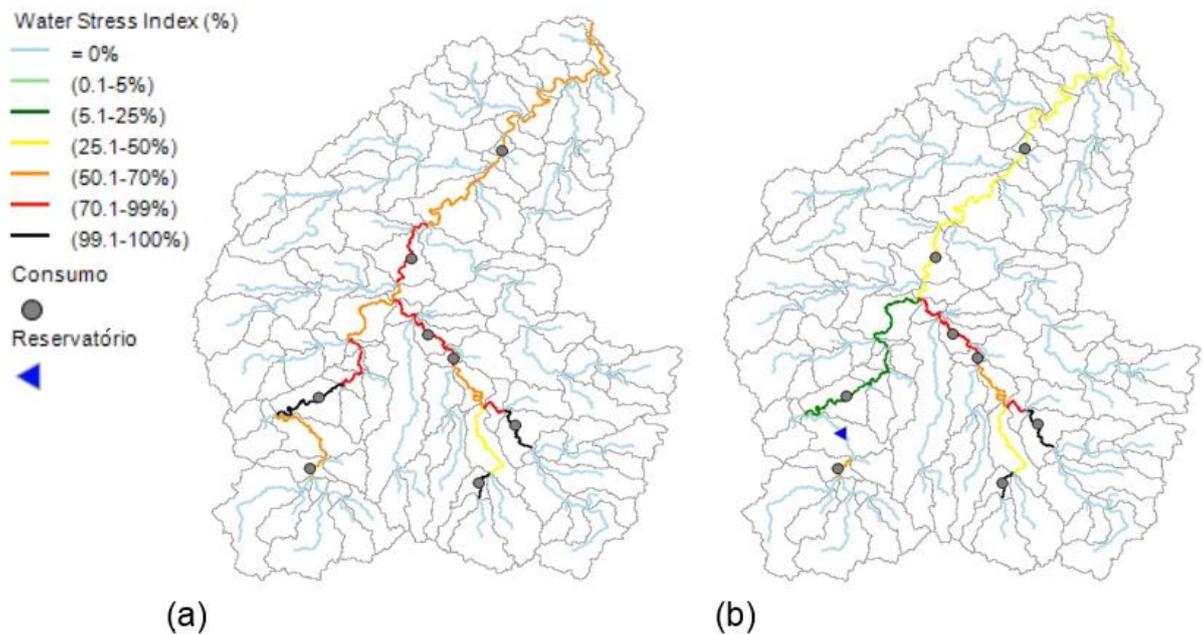


Figura 1.4 - Comparação do resultado do Índice de Estresse Hídrico no mês mais crítico: a) sem o reservatório, b) com o reservatório.

1.2 Criação de um projeto para simulação da bacia do Rio Verde Grande

Conforme descrito no Apêndice 6, foi aplicado o modelo MGB para toda bacia hidrográfica do rio Verde Grande. Nesta aplicação do modelo chuva-vazão, foi priorizada a calibração através da comparação dos resultados do modelo com as estações fluviométricas nos períodos mais antigos, anteriores à década de 90 quando disponíveis estes dados. Esta opção foi tomada a fim de gerar estimativas da vazão natural da bacia com o mínimo de influência antrópica possível já visando a aplicação do pacote de ferramentas WARM-GIS Tools e, assim, não duplicar as retiradas na bacia ao calibrar o modelo MGB em períodos onde essas têm grande influência sobre os dados observados, particularmente nas estiagens.

Como descrito no Apêndice 6, foi gerada para a bacia uma rede de drenagem a partir do modelo digital de elevação do SRTM com resolução espacial de 30 metros. A rede gerada foi então segmentada em trechos de aproximadamente 2km de extensão e, a partir dessa, foram criadas as minibacias, que são as áreas de contribuição de cada trecho segmentado. Ao todo foram geradas 11.453 minibacias.

Para cada minibacia foram geradas séries de vazões no período de 30 anos, entre o início de 1989 e o final de 2018, a partir das quais foram geradas as vazões de referência de interesse para a análise do incremento da disponibilidade hídrica.

	<p>Tipo de Documento: Relatório Técnico</p> <p>P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO</p>	
<p>ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE</p>		

Uma vez obtidas as vazões de referência para cada trecho da rede de drenagem gerada a partir do MDE, será possível montar projetos de simulação com o WARM-GIS para avaliar a influência dos consumos de água na bacia e como os reservatórios e transposições afetaram a disponibilidade hídrica para cada vazão de referência no horizonte do estudo, de 20 anos.

As demandas que serão inseridas de maneira pontual sobre cada minibacia, onde ocorrerem, são provenientes do P02 – Estudo de Demandas Hídricas, produto no qual foram quantificadas e mapeadas as principais retiradas de água na bacia. Essas poderão sofrer ajustes pontuais na localização a fim de que sejam alocadas sobre as minibacias mais prováveis, de acordo com o valor absoluto de cada demanda e das vazões de referência das minibacias mais próximas. Ainda, serão consideradas as retiradas mensais informadas para os meses de estiagem quando simulados cenários como a Q_{95} e $Q_{7,10}$.

As principais demandas identificadas no P02 foram relacionadas a atividades de:

- Abastecimento Público;
- Aquicultura em Tanque Escavado;
- Consumo Humano;
- Criação Animal;
- Esgotamento Sanitário;
- Indústria;
- Irrigação;
- Mineração-Extração de Areia/Cascalho em Leito de Rio;
- Mineração-Outros Processos Extrativos;
- Obras Hidráulicas;
- Outras;
- Reservatório/Barramento/Regularização de Vazões;
- Serviços.

É importante ressaltar que nos locais das demandas inseridas no modelo serão inseridos lançamentos a partir dos índices de retorno da água para cada retirada, com exceção das demandas do abastecimento público que, em cidades como Montes Claros,

<p>Elaborado por:</p> 	<p>Nº da revisão:</p> <p>02</p>	<p>Código do Documento:</p> <p>Apêndice 6 - Descrição WARM-GIS</p>	<p>10/15</p>
---	---------------------------------	--	--------------

	<p>Tipo de Documento: Relatório Técnico</p> <p>P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO</p>	
<p>ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE</p>		

a captação pode ocorrer longe do local onde o retorno (esgoto) é lançado. Ainda, as demandas serão projetadas para os horizontes de avaliação propostos pelo estudo.

Ainda com relação aos índices de retorno, serão adotados valores de referência buscados na literatura para cada tipo de finalidade da captação, como aqueles adotados por ANA (2018). Para os usos industriais, serão identificados os usuários mais significativos da bacia e, para esses, serão adotados índices de retorno específicos com base na atividade industrial desenvolvida.

A Figura 1-5, apresenta as demandas cadastradas e especializadas no Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos (CNARH40), enquanto a Figura 1-6 apresenta a localização das ETEs existentes na bacia, cuja fonte da informação foi o ATLAS Esgotos: Despoluição de Bacias Hidrográficas (ANA, 2017).

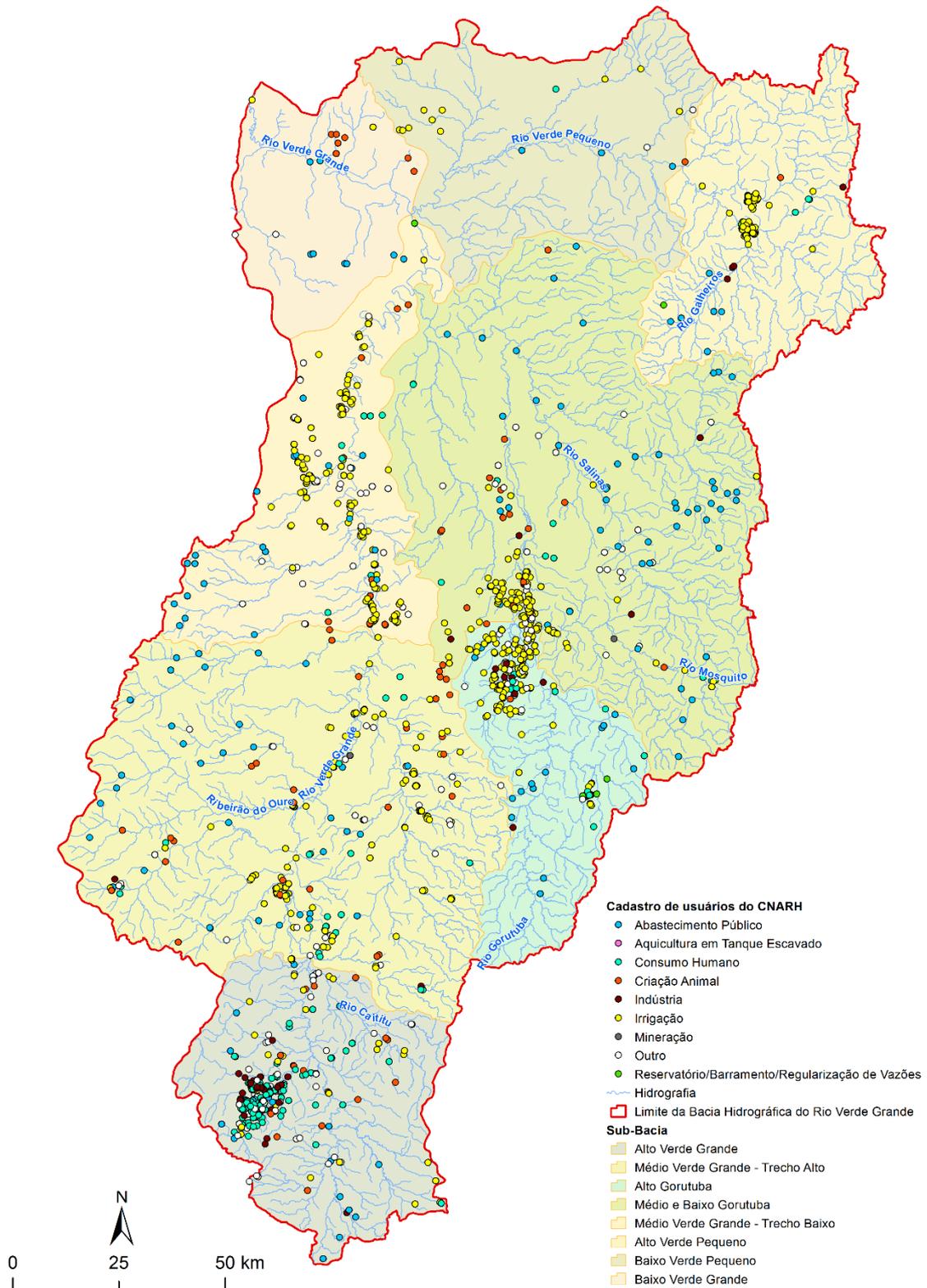


Figura 1-5 - Demandas mapeadas provenientes do CNARH.



Figura 1-6 - ETEs cadastradas no ATLAS Esgotos: Despolição de Bacias Hidrográficas (ANA, 2017)

Quanto à representação dos três principais reservatórios existentes (Estreito, Bico da Pedra e Cova da Mandioca) serão utilizadas as vazões regularizadas informadas para estes no Relatório Síntese referente ao estudo de Reservatórios do Semiárido Brasileiro: Hidrologia, Balanço Hídrico e Operação (ANA, 2017), sendo que para cada cenário de vazões será adotada a vazão regularizada com maior chance de garantia para o cenário. Por exemplo, em cenário de Q_{95} serão adotadas as vazões garantidas em 95% do tempo pelos reservatórios.

Estas vazões, bem como as estimadas para os barramentos propostos, entrarão no modelo como vazões substituídas nos trechos onde ocorrem e, imediatamente a jusante destes, serão inseridas retiradas que representarão a perda de água que ocorre por evaporação nos lagos dos reservatórios.

1.3 Considerações finais

O modelo WARM-GIS vêm sendo utilizado com sucesso em uma série de aplicações em todo Brasil. O modelo permite o cálculo do balanço hídrico além de parâmetros da qualidade da água para regimes de vazões permanentes e, via mudanças nos dados de entrada do modelo, avaliar como uma bacia hidrográfica responderia à diferentes intervenções nela realizadas.

Através da aplicação desse modelo na bacia hidrográfica do rio Verde Grande, espera-se estimar os ganhos em termos de incremento da disponibilidade hídrica que a instalação de reservatórios e transposições dariam para atender esta demanda pelo aumento de água disponível para consumo. Os ganhos provenientes da operação destes empreendimentos serão mapeados a jusante para ver, também, até onde este poderiam beneficiar os usuários.

Dessa forma, espera-se que o modelo sirva para mapear os benefícios que as obras trariam para a bacia e assim dar suporte à decisão de quais das obras propostas se justificam em termos de ganho a longo prazo.

	<p>Tipo de Documento: Relatório Técnico</p> <p>P6 – AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS SOLUÇÕES ABORDADAS E DEFINIÇÃO DE CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTAÇÃO</p>	
<p>ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE</p>		

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA, Agência Nacional de Águas. **Reservatórios do Semiárido Brasileiro: Hidrologia, Balanço Hídrico e Operação**. Relatório Síntese. Brasília: ANA, 88 p. 2017.

ANA, Agência Nacional de Águas. **Atlas esgotos: despoluição de bacias hidrográficas**. Brasília: ANA, 2017, 88 p.

Collischonn, W., Allasia, D.G., Silva, B.C., Tucci, C.E., 2007. **The MGB-IPH model for large-scale rainfall-runoff modelling**. *Hydrol. Sci. J.* 52, 878–895.

Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2018: informe anual / Agência Nacional de Águas. -- Brasília: ANA, 2018, 72 p.

KAYSER, R. H. B.; COLLISCHONN, W. **MANUAL TEÓRICO-PRÁTICO DA FERRAMENTA WARM-GIS Tools: Exemplo de aplicação na Bacia do Rio das Almas**. Porto Alegre, 2017.

Pontes, P. R. M., Fan, F. M., Fleischmann, A. S., Paiva, R. C. D., Buarque, D. C., Siqueira, V. A., Jardim, P. F., Sorribas, M. V., Collischonn, W., 2017. **MGB-IPH model for hydrological and hydraulic simulation of large floodplain river systems coupled with open source GIS**. *Environmental Modelling & Software*, 94, 1-20.

SIQUEIRA, V. A.; FLEISCHMANN, A. S.; JARDIM, P. F.; FAN, F. M.; COLLISCHONN, W. **IPH-Hydro Tools: a GIS coupled tool for watershed topology acquisition in open-source environment**. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 21, p. 274-287, 2016.