

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

Produto 5:

ESTUDO DE OFERTA HÍDRICA: INVENTÁRIO DE NOVOS LOCAIS PARA BARRAMENTOS

Revisão 02

ABRIL 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)

P5 – Estudo de Oferta Hídrica – Inventário de Novos Locais para Barramentos

Revisão 02

Abril/2020



Equipe Técnica responsável pela elaboração do P5:

Profissional	Cargo na Equipe	Assinatura
Eng. Sidnei Gusmão Agra	Coordenador Geral	
Eng. Henrique Bender Kotzian	Hidrólogo	
Eng. Bruna Serafini Paiva	Apoio à Coordenação	
Vinícius C. Cardia	Geoprocessamento	
Osmar G. W. Coelho	Hidrogeólogo	
Eng. Paulo R. Gomes	Estudos Hidráulicos	
Eng. José V. Viegas	Eng. Orçamentista	
Eng. Mauro Jungblut	Geotecnia	
Geog. Isabel Cristiane Rekowsky	SIG	
Patrícia L. Cardoso	Gestão de Projetos	
Neomar Fraga de Oliveira	Auxiliar Administrativo	
Vinícius Bogo	Auxiliar Administrativo	

Revisão	Data	Descrição Breve	Autor	Supervisão	Aprovação
02	07/04/2020	Atendimento às solicitações do IGAM e AGBPV	HK	CB	SA
01	10/03/2020	Atendimento solicitação da ANA	HK	CB	SA
00	07/02/2020	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)**

P5 - Estudo de Oferta Hídrica – Inventário de Novos Locais para Barramentos

Elaborado por:
Eng. Henrique B. Kotzian

Supervisionado por:
Eng. Carlos R. Bortoli

Aprovado por:
Eng. Sidnei G. Agra

Revisão:
02

Finalidade:
3

Data:
07/04/2020

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



PROFILL ENGENHARIA E AMBIENTE S.A
Av. Iguazu, 451 – 6º andar
Porto Alegre/RS
Fone: (51) 3211-3944

	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	P5 – ESTUDO DE OFERTA HÍDRICA – INVENTÁRIO DE NOVOS LOCAIS PARA BARRAMENTOS	
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 2 do **Produto 5: Estudo de Oferta Hídrica – Inventário de Novos Locais de Barramentos**, 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.

Abril de 2020

Elaborado por: 	N° da revisão: 02	Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P5_IOH_Novos_Barramentos_REV02	4/68
---	----------------------	---	------

LISTA DE QUADROS

Quadro 4.1 - Sub-bacias da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande.	18
Quadro 6.1 – Locais Identificados com Potencial de Regularização de Vazões e Áreas de Contribuição.	28
Quadro 6.2 – Locais Identificados com Potencial de Regularização de Vazões e Áreas de Contribuição.	32
Quadro 6.3 – Resultados das Simulações Operacionais dos Reservatórios Inventariados.	36
Quadro 6.4 – Principais Características Físicas dos Barramentos Inventariados.	39
Quadro 6.5 – Custos dos Barramentos Inventariados.	41
Quadro 7.1 – Indicadores Técnicos Calculados para os Barramentos Inventariados.	44
Quadro 7.2 – Indicadores Financeiros Calculados para os Barramentos Inventariados.	45
Quadro 7.3 – Indicador Social Calculado para os Barramentos Inventariados.	46
Quadro 7.4 – Indicador de Segurança Calculado para os Barramentos Inventariados.	47
Quadro 9.1 – Classificação dos Indicadores Considerados para os Barramentos Inventariados.	65

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Organograma da Agência Peixe Vivo.	12
Figura 2.2 – Organograma da Diretoria Executiva da Agência Peixe Vivo.	12
Figura 2.3 – Organograma da Plenária do CBH Verde Grande.	13
Figura 6.1 – Identificação de Cursos de Água com Área de Contribuição Superior a 50 km ²	26
Figura 8.1 – Profundidade do Nível de Água nos Aquíferos como Indicativo de Fluxo de Água.	59

LISTA DE MAPAS

Mapa 4.1 – Divisão das Sub-bacias que compõem a Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande.	19
Mapa 6.1 – Locais Identificados com Potencial de Regularização de Vazões.	29
Mapa 8.1 – Soleiras Vertentes na Calha do Rio Verde Grande.	54

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 CONTEXTUALIZAÇÃO.....	11
2.1 Agência Peixe Vivo	11
2.2 Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande	13
2.3 Fonte de Financiamento do Projeto	13
3 OBJETIVOS.....	15
4 INFORMAÇÕES BÁSICAS UTILIZADAS E FONTES CONSULTADAS.....	17
4.1 A Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande e suas Sub-bacias	17
4.2 Informações Básicas Utilizadas e Fontes Consultadas	20
5 METODOLOGIA GERAL ADOTADA	22
6 INVENTÁRIO DE NOVOS LOCAIS DE BARRAMENTOS.....	25
6.1 Locais de Barramentos/Reservatórios Identificados.....	25
6.2 Parâmetros Hidroclimáticos Considerados.....	30
6.3 Dimensionamento dos Reservatórios e Determinação das Vazões Regularizadas	34
6.4 Características Dimensionais das Barragens	37
6.5 Definição dos Custos Associados.....	40
7 INDICADORES DE DESEMPENHO	42
7.1 Indicadores Técnicos	42
7.2 Indicadores Financeiros	45
7.3 Indicador Social.....	46
7.4 Indicador de Segurança	47
8 SOLEIRAS VERTENTES	48
9 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	63
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68

	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	P5 – ESTUDO DE OFERTA HÍDRICA – INVENTÁRIO DE NOVOS LOCAIS PARA BARRAMENTOS	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

LISTA DE SIGLAS

A: Atividade

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

ALOS: *Advanced Land Observing Satellite*

ANA: Agência Nacional de Águas

BHO-5K: Base Hidrográfica Ottocodificada Multiescalas 2017 5k

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

CERTO H: Certificado de Avaliação de Sustentabilidade da Obra Hídrica

CEMIG: Companhia de Eletricidade do Estado de Minas Gerais

CNARH: Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos

CNES: *Centre National d'Études Spatiales*

COPASA: Companhia de Saneamento de Minas Gerais

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

CTC: Câmara Técnica Consultiva

DNOCS: Departamento Nacional de Obras Contra as Secas

FEAM: Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais

GIS: *Geographic Information System*

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

IGAM: Instituto Mineiro de Gestão das Águas

INMET: Instituto Nacional de Meteorologia

IOH: Incremento da Oferta Hídrica

MDG: Margem Direta Médio e Baixo Gorutuba

MEV: Margem Esquerda Médio Verde Grande

MGB: Modelo de Grandes Bacias

MDE: Modelo Digital de Elevação

NA: nível de água

NT: Nota Técnica

P: Produto

PTE: Plano de Trabalho Específico

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

RIMA: Relatório de Impacto Ambiental

Elaborado por: 	N° da revisão: 02	Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P5_IOH_Novos_Barramentos_REV02	7/68
---	----------------------	---	------

	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	P5 – ESTUDO DE OFERTA HÍDRICA – INVENTÁRIO DE NOVOS LOCAIS PARA BARRAMENTOS	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

RTC: *Radiometric Terrain Correction*

SEMAD: Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

SIG: Sistemas de Informações Geográficas

SOF: Secretaria de Orçamento Federal

SRTM: *Shuttle Radar Topography Mission*

SSD: Sistema de Suporte à Decisão

TE: Tarifas de Energia

TUSD: Tarifas de Uso do Sistema de Distribuição

USGS: *United States Geological Survey*

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

Elaborado por: 	N° da revisão: 02	Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P5_IOH_Novos_Barramentos_REV02	8/68
---	----------------------	---	------

	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	P5 – ESTUDO DE OFERTA HÍDRICA – INVENTÁRIO DE NOVOS LOCAIS PARA BARRAMENTOS	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

1 INTRODUÇÃO

O Produto 5 (P5) apresenta os resultados da Atividade 7: Avaliação do Incremento de Oferta Hídrica (IOH) – Inventário de Novos Locais de Barramento, previsto 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.

Com vistas ao atendimento do escopo de trabalho definido para a Atividade 7, o conteúdo deste relatório contempla temas relacionados ao inventário de novos locais de barramentos em áreas específicas da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande (margem esquerda do Médio Verde Grande e margem direita do Médio-Baixo Gorutuba). Para tanto, a organização do presente relatório segue o padrão adotado nos relatórios já entregues. No presente caso, essa organização contempla: informações básicas utilizadas e fontes consultadas; metodologia geral adotada; inventário dos possíveis locais de barramentos nas áreas de interesse, abrangendo as suas definições dimensionais e custos associados; definição de indicadores de desempenho; análise técnica preliminar das soleiras vertentes na calha do Verde Grande e conclusões e recomendações finais.

Importante destacar, que o PRH Verde Grande indicou 14 barramentos com vistas ao incremento da oferta hídrica na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande. Ocorre que duas porções da bacia mostraram pequena incidência de barramentos: margem esquerda do Médio Verde Grande e margem direita do Médio-Baixo Gorutuba. É nessas porções hidrográficas que o presente estudo teve foco.

Assim, o P5 está estruturado em 10 capítulos, incluindo esta introdução. O segundo capítulo traz uma apresentação do contexto do contrato, com a descrição da Agência Peixe Vivo, do Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio 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 da Atividade 7, cujos resultados alcançados são apresentados neste produto.

Elaborado por: 	N° da revisão: 02	Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P5_IOH_Novos_Barramentos_REV02	9/68
---	----------------------	---	------

	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	P5 – ESTUDO DE OFERTA HÍDRICA – INVENTÁRIO DE NOVOS LOCAIS PARA BARRAMENTOS	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

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 adotada para a elaboração do inventário de locais de barramento é apresentada no capítulo 5.

No capítulo 6 são apresentados os procedimentos técnicos utilizados e os resultados relativos à identificação de novos locais de barramento, bem como suas características principais e resultados, em termos de regularização de vazões e de custos associados. Cada uma das áreas-alvo (margem esquerda do Médio Verde Grande e margem direita do Médio-Baixo Gorutuba) foi abordada em item específico.

No capítulo 7, com base nos elementos dimensionais e financeiros definidos anteriormente, são apresentados alguns indicadores configurados para expressar o desempenho dos barramentos identificados no inventário.

O capítulo 8 apresenta, conforme acordo com o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, uma análise técnica sobre as chamadas “Soleiras Vertentes”. Esta análise consiste em uma primeira abordagem do assunto, que será consolidada no âmbito da próxima atividade.

No capítulo 9 são apresentadas as conclusões e considerações finais. E, por fim, no capítulo final, são apresentadas as referências bibliográficas.

Elaborado por: 	N° da revisão: 02	Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P5_IOH_Novos_Barramentos_REV02	10/68
---	----------------------	---	-------

	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	P5 – ESTUDO DE OFERTA HÍDRICA – INVENTÁRIO DE NOVOS LOCAIS PARA BARRAMENTOS	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

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.

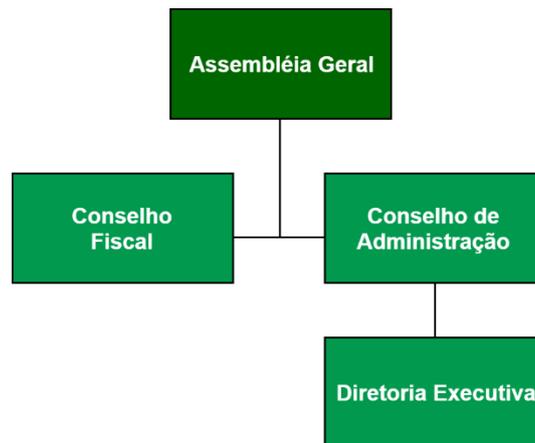
2.1 Agência Peixe Vivo

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.

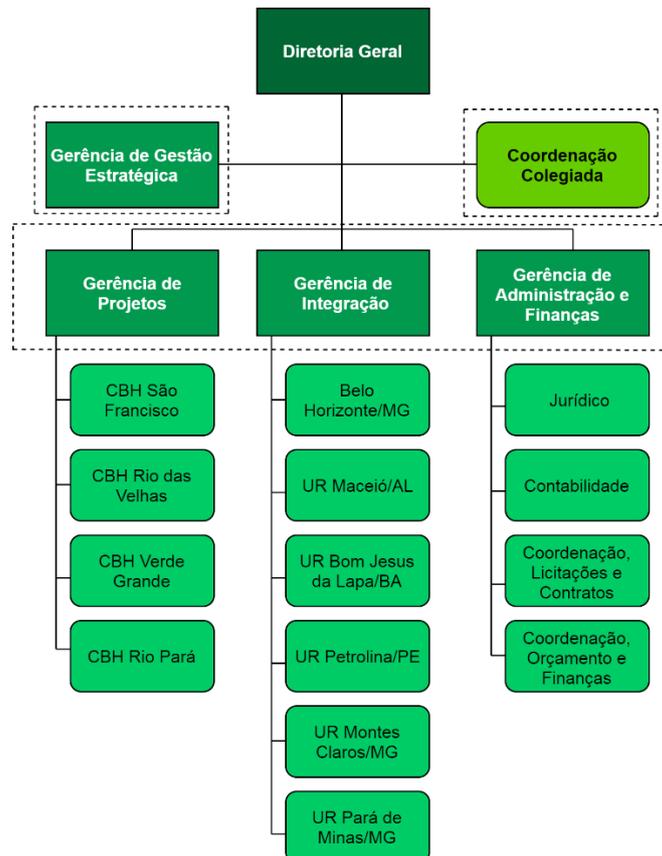
Elaborado por: 	N° da revisão: 02	Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P5_IOH_Novos_Barramentos_REV02	11/68
---	----------------------	---	-------



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.

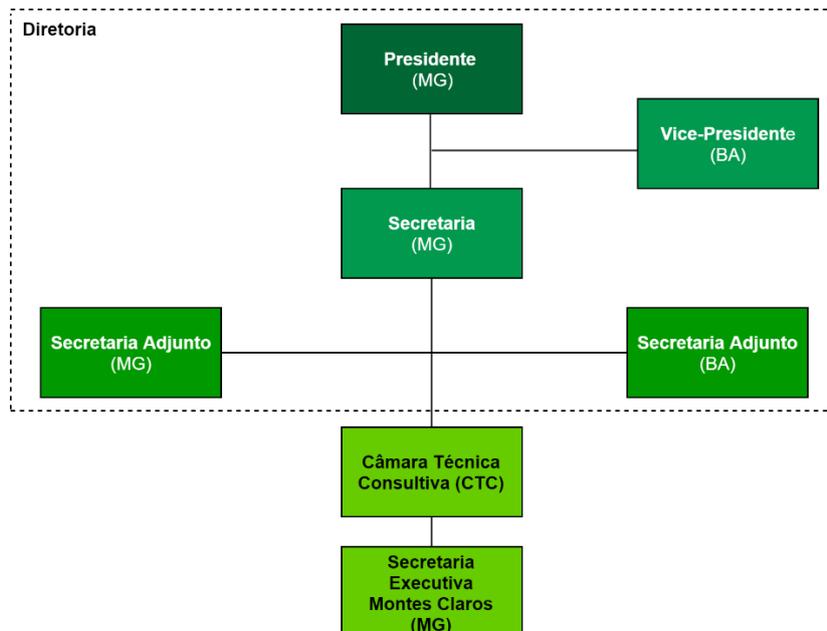


Fonte: Adaptado de Agência Peixe Vivo (2019)

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 –

	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	P5 – ESTUDO DE OFERTA HÍDRICA – INVENTÁRIO DE NOVOS LOCAIS PARA BARRAMENTOS	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

Incremento da oferta de água, bem como as Ações III.2.1 – Regularização de vazões e III.2.2 – Transposição de vazão entre bacias.

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.

Elaborado por: 	N° da revisão: 02	Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P5_IOH_Novos_Barramentos_REV02	14/68
---	----------------------	---	-------

	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	P5 – ESTUDO DE OFERTA HÍDRICA – INVENTÁRIO DE NOVOS LOCAIS PARA BARRAMENTOS	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

3 OBJETIVOS

O objetivo do relatório P5 é apresentar os resultados da Atividade 7 do Plano de Trabalho, referente à Avaliação do Incremento de Oferta Hídrica (IOH) – Inventário de Novos Locais de Barramento. No âmbito do presente estudo o resultado desta atividade consiste em identificar potencial de reservação de água e consequente regularização de vazões em duas porções específicas da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande onde, na atual configuração, não estão contemplados barramentos. Essas porções são: margem esquerda do Médio Verde Grande e margem direita do Médio-Baixo Gorutuba.

Assim, os novos locais de barramento a serem identificados, conforme condicionamento topográfico e hidrológico, permitirão verificar a possibilidade de incremento hídrico e, dentro do possível, compará-los com aqueles definidos no PRH - Verde Grande. Essa comparação é possível através da determinação de alguns indicadores de desempenho, calculados para os barramentos inventariados, de forma que possam ser comparados com os 14 barramentos indicados no PRH - Verde Grande (e que foram objeto de estudo na Atividade 5).

A identificação de novos locais de barramento nas áreas-alvo referidas, se faz necessária visto que, ainda que sejam implementados todos os 14 barramentos propostos no PRH - Verde Grande, o incremento hídrico não seria suficiente para eliminar o *déficit* verificado na bacia, sendo fundamental a adoção de medidas adicionais. Essas medidas adicionais consistem tanto em infraestruturas de transposição de água (objeto da Atividade 6), quanto na presente identificação de novos barramentos (Atividade 7).

Na presente atividade (A7) foi realizado, então, um inventário de novos locais de barramento na margem esquerda do Médio Verde Grande e na margem direita do Médio-Baixo Gorutuba. Na sequência, foram dimensionados os respectivos reservatórios e calculadas as vazões regularizadas, bem como os custos associados. Em seguida, foram configurados indicadores de desempenho, com vistas a, posteriormente (na Atividade 8), possibilitar a consideração desses empreendimentos no âmbito do incremento hídrico na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande.

Elaborado por: 	N° da revisão: 02	Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P5_IOH_Novos_Barramentos_REV02	15/68
---	----------------------	---	-------

	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	P5 – ESTUDO DE OFERTA HÍDRICA – INVENTÁRIO DE NOVOS LOCAIS PARA BARRAMENTOS	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

A exemplo das Atividades 5 e 6, os indicadores de desempenho aqui configurados buscam permitir o estabelecimento de um cenário inicial de hierarquização entre os barramentos inventariados e, posteriormente para comparação com aqueles previstos no PRH - Verde Grande. Esse cenário será consistido e consolidado na Atividade 8 após dinâmica participativa com os atores estratégicos da bacia, implementado em Oficina específica. Por esta razão, o presente relatório finaliza com a apresentação dos indicadores de desempenho considerados, configurando apenas uma hierarquização prévia, a ser consolidada no curso do andamento dos trabalhos.

Complementarmente, foram analisadas as estruturas denominadas de Soleiras Vertentes, com vistas a identificar os condicionantes técnicos associados, possibilitando uma abordagem crítica sobre as referidas estruturas, notadamente em termos de contribuição para o incremento hídrico na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, objeto principal do presente contrato.

Em termos específicos, os objetivos da Atividade 7, cujos resultados são apresentados neste relatório são os seguintes:

- Identificação de novos locais de barramento na margem esquerda do Médio Verde Grande e margem direita do Médio-Baixo Gorutuba;
- Dimensionamento dos barramentos e reservatórios e determinação das vazões regularizadas;
- Determinação dos custos associados aos empreendimentos identificados;
- Identificar os condicionantes técnicos associados às Soleiras Vertentes, possibilitando uma abordagem crítica sobre as referidas estruturas;
- Definição de indicadores de desempenho e configuração de cenário preliminar de hierarquização relativo ao inventário de novos locais de barramento.

Elaborado por: 	N° da revisão: 02	Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P5_IOH_Novos_Barramentos_REV02	16/68
---	----------------------	---	-------

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 básicas relativas ao inventário de novos locais de barramento, bem como indicadas as fontes de informações 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 da 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 Suçuapara; rio Jacuí; rio Barreiras; rio São Domingos; e rio Quem Quem.

Sua bacia tem área aproximada 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 da União. 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.

	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	P5 – ESTUDO DE OFERTA HÍDRICA – INVENTÁRIO DE NOVOS LOCAIS PARA BARRAMENTOS	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

4.2 Informações Básicas Utilizadas e Fontes Consultadas

A base de informações utilizada para o desenvolvimento do inventário de novos locais de barramentos na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande consistiu nos resultados técnicos gerados pelas atividades precedentes, com destaque para a Atividade A5 – Avaliação do Incremento de Oferta Hídrica – Reservatórios Propostos, materializados no relatório P3.

Destaque às bases cartográficas e hidroclimatológicas que consistem nas informações primárias para um estudo de inventário de locais de barramento. Neste contexto, podem ser referidas:

- Base cartográfica:** considerada cartografia específica para a análise dos eixos de barramento e áreas dos respectivos reservatórios baseada em dados ALOS Palsar, com resolução espacial de 12,5 m, resultantes do projeto Radiometric Terrain Correction (RTC). O resultado foi uma modelagem do terreno com a geração de curvas de nível primárias (cada 5 m), possibilitando também a geração de curvas secundárias (cada 1 m), tanto para as áreas dos barramentos, quanto dos reservatórios. Com vistas a permitir a visualização do terreno, foi usado o layer World Imagery, disponível no ArcMap, tendo como fonte dados da: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN e a GIS User Community. Outra informação básica refere-se à determinação das bacias de contribuição para os barramentos considerados, informação essencial para a determinação das aflúências hídricas. Para tanto, foi adotada discretização das bacias hidrográficas através do Modelo Digital de Elevação (MDE), utilizando o SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), com resolução espacial de 30 metros e resolução vertical de 1 metro. A partir do MDE foi gerada a rede de drenagem das bacias hidrográficas e utilizado, como base de comparação e ajuste do MDE, a rede de drenagem disponibilizada pela ANA denominada BHO-5K (Nota Técnica NT-1).
- Informações Hidroclimatológicas de Referência:** como referenciais foram utilizadas as informações geradas no âmbito do estudo dos

Elaborado por: 	N° da revisão: 02	Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P5_IOH_Novos_Barramentos_REV02	20/68
---	----------------------	---	-------

	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	P5 – ESTUDO DE OFERTA HÍDRICA – INVENTÁRIO DE NOVOS LOCAIS PARA BARRAMENTOS	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

reservatórios propostos no PRH - Verde Grande (e apresentados no relatório P3), necessárias à determinação da vazão regularizada em cada novo local inventariado. Foram considerados os seguintes parâmetros: série de precipitações, série de evaporações e série de aflúências hídricas. As séries de precipitações (1989-2018) sobre os reservatórios foram obtidas a partir das informações geradas pelo MGB (Nota Técnica NT-1). As evaporações foram obtidas das normais climatológicas do INMET para o período 1981-2010, ou seja, foram definidos 12 valores anuais que se repetem ao longo dos 30 anos simulados. Os deflúvios mensais afluentes aos reservatórios, ao longo das séries históricas simuladas, foram obtidos diretamente das séries de vazões geradas pelo modelo MGB (Nota Técnica NT-1). As referências utilizadas para cada compartimento hidrográfico considerado (margem esquerda do Médio Verde Grande e margem direita do Médio-Baixo Gorutuba) foram selecionadas com base na proximidade e similaridade climatológica.

Para a determinação dos custos associados aos barramentos e reservatórios inventariados foram adotados os referenciais utilizados no relatório P3 (basicamente referidos ao orçamento, atualizado, do anteprojeto da barragem de São Domingos, elaborado pela Codevasf em 2009).

Adicionalmente, para a análise 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 do Rio Verde Grande (ANA, 2013);
- 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).

Elaborado por: 	Nº da revisão: 02	Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P5_IOH_Novos_Barramentos_REV02	21/68
---	----------------------	---	-------

	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	P5 – ESTUDO DE OFERTA HÍDRICA – INVENTÁRIO DE NOVOS LOCAIS PARA BARRAMENTOS	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

5 METODOLOGIA GERAL ADOTADA

A metodologia geral adotada na elaboração do inventário de novos locais de barramento consistiu nos seguintes passos:

- Geração de base cartográfica para os dois compartimentos de interesse: margem esquerda do Médio Verde Grande e margem direita do Médio-Baixo Gorutuba (base cartográfica ALOS com curvas cada 5 m);
- Identificação dos trechos de cursos de água com bacias de contribuição superiores a 50 km² (por ocasião do desenvolvimento da Atividade 3, observou-se que reservatórios com áreas de contribuição inferiores a esse referencial geravam afluências hídricas limitadas, restringindo a capacidade de regularização; por este motivo, optou-se por limitar o presente inventário à locais com contribuição mínima de 50 km²);
- Para cada curso de água que atende à condição acima mencionada foi realizada pesquisa na base cartográfica na qual se procurou identificar existência de condições topográficas para implantação de barramento e conseqüente criação de reservatório de acumulação: pela conformação das curvas de nível, pontos de estreitamento nos vales das drenagens que possibilitem construção de barragem e igualmente, a montante, condições de acumulação de água, para formação de reservatório;
- Quanto à condição de acumulação, essa não deve ser excessiva (elevada área alagada), pois implica em alague (desapropriação e supressão de vegetação) elevado ou associada a pequenas alturas que representam elevado poder de perda por evaporação no reservatório;
- Também foram verificadas a existência de interferências dos reservatórios com a rede viária (rodovias e ferrovias), localidades e áreas produtivas, buscando-se evitar essas situações;

Elaborado por: 	N° da revisão: 02	Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P5_IOH_Novos_Barramentos_REV02	22/68
---	----------------------	---	-------

	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	P5 – ESTUDO DE OFERTA HÍDRICA – INVENTÁRIO DE NOVOS LOCAIS PARA BARRAMENTOS	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

- Para a altura dos barramentos foram considerados os seguintes limites: altura mínima da lâmina de água no reservatório de 10 m e máxima de 30 m;
- Uma vez definidos os locais de barramento, foram determinadas as capacidades de acumulação de cada reservatório, através da determinação das áreas para cada curva de nível pré-definida para o reservatório (equidistância de 5 m);
- Na sequência foram simulados os comportamentos hidráulicos dos reservatórios simulados, de forma similar à adotada para os reservatórios propostos do PRH, mas com algumas simplificações: adotada série de vazões afluentes do reservatório mais próximo calculado no relatório P3, ajustada utilizando a relação entre áreas como coeficiente multiplicador; precipitações e evaporações também relativas ao reservatório mais próximo selecionado, já as curvas de acumulação foram utilizadas as específicas determinadas caso a caso;
- Para cada local inventariado, foi determinada a vazão regularizada para 95% de garantia, como resultado da simulação da operação do reservatório, e descontada a vazão natural com 95% de permanência, obtendo-se a denominada vazão incremental com 95% (de forma similar ao realizado no relatório P3);
- No que se refere aos barramentos, o perfil do eixo foi obtido da base cartográfica, sendo utilizada a relação altura/comprimento para a definição do tipo de maciço, sendo o seu volume calculado por fórmula simplificada, mas que considera os resultados obtidos no relatório P3 para os barramentos estudados na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande;
- Os custos foram calculados conforme o procedimento metodológico adotado no relatório P3 para os barramentos propostos no PRH - Verde Grande;
- Os indicadores calculados são similares aos apresentados no relatório P3, mas restringem-se aqueles passíveis de determinação

Elaborado por: 	N° da revisão: 02	Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P5_IOH_Novos_Barramentos_REV02	23/68
---	----------------------	---	-------

	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	P5 – ESTUDO DE OFERTA HÍDRICA – INVENTÁRIO DE NOVOS LOCAIS PARA BARRAMENTOS	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

no âmbito do presente estudo (menos detalhado que o realizado no relatório P3);

- Para a análise técnica das Soleiras Vertentes, foram utilizadas as informações do PRH - Verde Grande (ANA, 2013) e da Nota Técnica ANA nº 10/2018, complementadas por estudos específicos, como por exemplo, o comportamento hidrogeológico junto à calha do rio Verde Grande no seu trecho médio e baixo.

No que se refere à análise técnica das Soleiras Vertentes, neste relatório apresenta-se uma primeira abordagem, baseada em dados e informações de escritório. 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. Com base nas informações então obtidas foi realizada análise técnica preliminar sobre o desempenho técnico dessas estruturas. Importante referir que está prevista uma vistoria em campo para análise direta de algumas soleiras, com vistas a consolidar a avaliação técnica, cujos resultados serão apresentados posteriormente, no âmbito do andamento dos estudos contratados.

Elaborado por: 	N° da revisão: 02	Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P5_IOH_Novos_Barramentos_REV02	24/68
---	----------------------	---	-------

	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	P5 – ESTUDO DE OFERTA HÍDRICA – INVENTÁRIO DE NOVOS LOCAIS PARA BARRAMENTOS	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

6 INVENTÁRIO DE NOVOS LOCAIS DE BARRAMENTOS

Neste capítulo são apresentados os resultados do inventário de novos locais de barramento realizado para as áreas de interesse (margem esquerda do médio Verde Grande e margem direita do Médio-Baixo Gorutuba), abrangendo os locais identificados conforme os critérios técnicos adotados, os parâmetros hidroclimatológicos considerados, o dimensionamento dos reservatórios com a determinação das respectivas vazões regularizadas, as características dimensionais definidas para os maciços das barragens e a definição dos custos associados.

6.1 Locais de Barramentos/Reservatórios Identificados

O inventário de novos locais de barramento iniciou com a identificação de locais potencialmente aptos para a execução de um maciço e para a reservação de água.

Inicialmente, foi delimitada a área de interesse (margem esquerda do Médio Verde Grande e margem direita do Médio-Baixo Gorutuba) na cartografia básica gerada no âmbito do estudo de Incremento de Oferta Hídrica na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande. Importante referir que no caso do Médio Verde Grande, essa área de interesse inclui as sub-bacias Médio Verde Grande – Trecho Alto e Médio Verde Grande – Trecho Baixo.

Para essa área de interesse foram identificados os cursos de água com áreas de contribuição superiores a 50 km². Esse valor foi considerado como o mínimo necessário à geração de deflúvios hídricos capazes de resultar em regularizações potencialmente superiores a 0,100 m³/s. A Figura 6.1 apresenta essa seleção prévia por área de contribuição para as áreas de interesse.

Elaborado por: 	N° da revisão: 02	Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P5_IOH_Novos_Barramentos_REV02	25/68
---	----------------------	---	-------

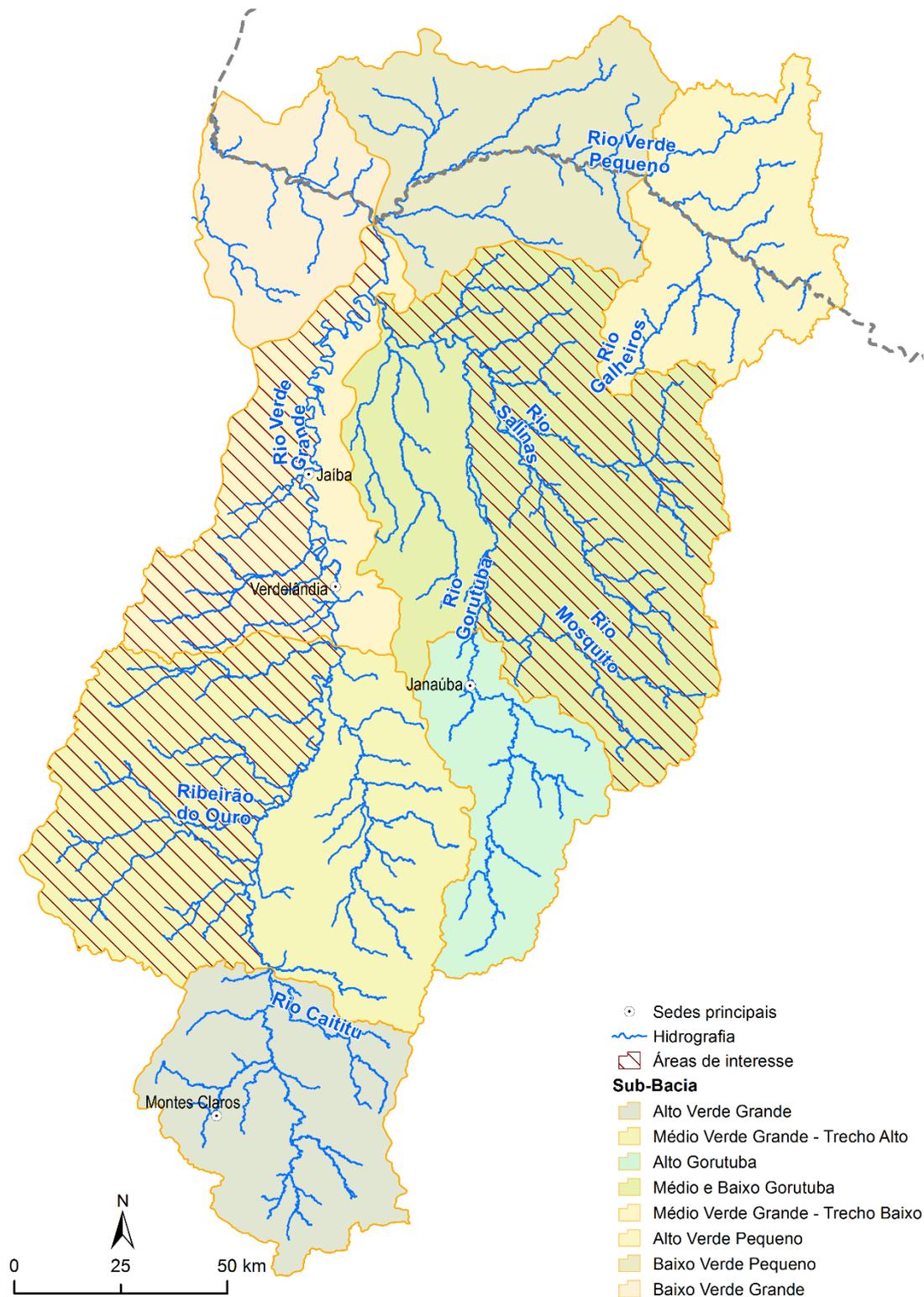


Figura 6.1 – Identificação de Cursos de Água com Área de Contribuição Superior a 50 km².

	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	P5 – ESTUDO DE OFERTA HÍDRICA – INVENTÁRIO DE NOVOS LOCAIS PARA BARRAMENTOS	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

Desta forma, o esforço de pesquisa de locais de barramento foi concentrado nos seguintes cursos de água (excluindo-se aqueles que já possuem barramento proposto no PRH - Verde Grade):

- **Margem esquerda do Médio Verde Grande:** rio Barreiras, rio Salobro, córrego Vereda, rio Arapoim, córrego São Vicente e córrego Macaúbas.
- **Margem direita do Médio-Baixo Gorutuba:** rio Serra Branca, rio Salinas, rio Garipau, rio Pajeú, rio Tabuleiro, córrego Boqueirão do Encantado, córrego Coronel e rio Jacu.

Na sequência foram pesquisados, sobre a base cartográfica, a existência de locais com potencial de atender às seguintes situações: (i) vales estreitos com capacidade de comportar barragens (maciços) com alturas entre 10 e 30 m e com extensões preferencialmente inferiores a 1.000 m; (ii) vales, a montante dos locais de barramento, mais abertos com capacidade de abranger volumes acumulados mais significativos, embora sem implicar em áreas alagadas excessivas (esses conceitos significativos e excessivos são decorrentes, nesta fase do estudo, da sensibilidade, experiência e percepção do projetista; no entanto, os resultados finais mostram que os objetivos propostos foram alcançados).

Também foram consideradas as interferências dos barramentos e respectivos reservatórios na rede viária (rodovias e ferrovias), em comunidades e localidades e sobre áreas produtivas ou com significativa presença de vegetação de porte.

Como resultado desta pesquisa, foram identificados os locais com potenciais para a construção de barramento para formação de reservatórios com capacidade de regularização de vazões, apresentados no Quadro 6.1 e no Mapa 6.1. Foi adotada uma codificação para cada local identificado, adotando as letras iniciais do compartimento em questão, seguido de numeração sequencial (de montante para jusante). Ao todo foram identificados 13 novos locais, sendo seis na margem esquerda do Médio Verde Grande e sete na margem direita do Médio-Baixo Gorutuba.

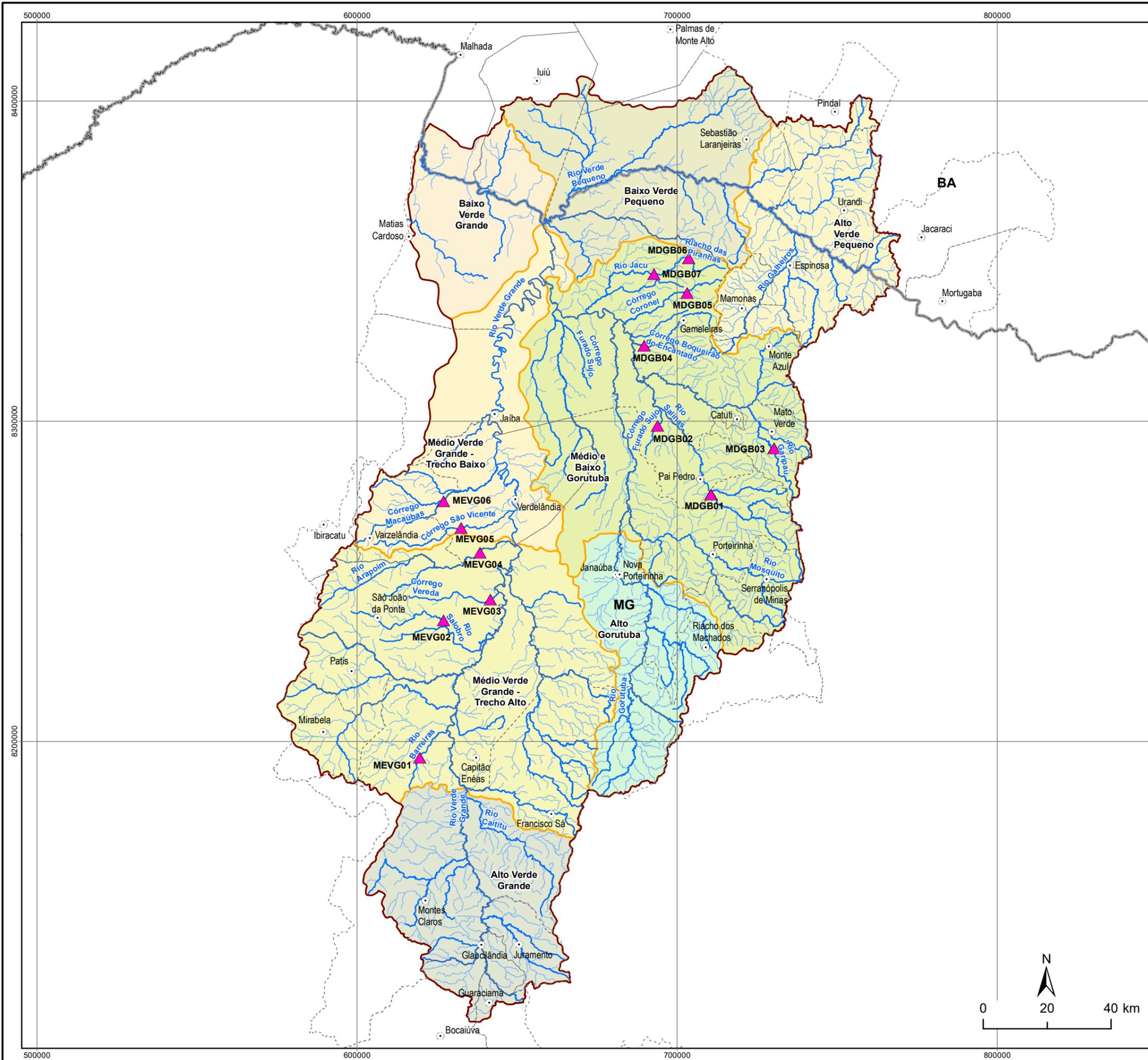
Elaborado por: 	N° da revisão: 02	Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P5_IOH_Novos_Barramentos_REV02	27/68
---	----------------------	---	-------

Quadro 6.1 – Locais Identificados com Potencial de Regularização de Vazões e Áreas de Contribuição.

Compartimento	Código	Curso de Água	Área Contr. (km ²)
Margem Esquerda Médio Verde Grande	MEVG01	Rio Barreiras	86,1
	MEVG02	Rio Salobro	236,4
	MEVG03	Córrego Vereda	209,3
	MEVG04	Rio Arapoim	593,0
	MEVG05	Córrego São Vicente	128,7
	MEVG06	Córrego Macaúbas	371,3
	Total		1.624,8
Margem Direita Médio e Baixo Gorutuba	MDGB01	Rio Serra Branca	553,9
	MDGB02	Córrego Furado Sujo	117,9
	MDGB03	Rio Garipau	91,1
	MDGB04	Córrego Boqueirão do Encantado	261,0
	MDGB05	Córrego Coronel	66,4
	MDGB06	Riacho Piranhas (montante Jacu)	72,3
	MDGB07	Rio Jacu	135,8
	Total		1.298,4
TOTAL GERAL			2.923,2

As áreas de contribuição variam entre 66 e 593 km², totalizando cerca de 1.625 km² na margem esquerda do Médio Verde Grande e 1.298 km² na margem direita do Médio-Baixo Gorutuba, sendo o total da ordem de 2.923 km².

Na margem esquerda do Médio Verde Grande, a área total abrangida pelas contribuições dos reservatórios identificados, representa 16% da área total do compartimento (10.269 km²). Já para a margem direita do Médio-Baixo Gorutuba, a área total abrangida pelas contribuições dos reservatórios identificados, representa 17% da área total do compartimento (7.721 km²).



Mapa 6.1 – Localização dos pontos inventariados

Legenda

- Sede Municipal
- Pontos inventariados
- 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
- Pontos inventariados: PROFILL, 2020

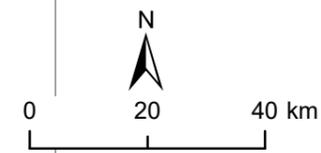
Sistema de Coordenadas UTM
 Datum SIRGAS2000
 Zona 23S
 Escala: 1:1.200.000

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)

P5 – Estudo de Oferta Hídrica – Novos Barramentos

Execução técnica: Acompanhamento: Realização:



	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	P5 – ESTUDO DE OFERTA HÍDRICA – INVENTÁRIO DE NOVOS LOCAIS PARA BARRAMENTOS	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

Nesta mesma etapa dos estudos, aproveitando a base cartográfica adotada, foram obtidas as informações relativas à capacidade de acumulação de cada local (permitindo gerar, de forma expedita, as curvas Cota x Área Alagada x Volume Acumulado, com base na planimetria das curvas de nível consideradas (5 m) em cada reservatório).

Com base nas condições topográficas identificadas, foram definidas as cotas máximas de reservação em cada caso, o que permitiu definir volumes acumulados máximos (iniciais das simulações apresentadas no item 6.3, adiante).

6.2 Parâmetros Hidroclimáticos Considerados

Com vistas a possibilitar a simulação operacional dos reservatórios inventariados (com o objetivo de determinar as respectivas vazões regularizadas), e exemplo do realizado para os reservatórios propostos no PRH - Verde Grande (relatório P3), porém de forma simplificada, foram definidos os parâmetros hidroclimatológicos necessários, a saber: série de precipitações mensais, normais de evaporação média mensal e série de afluências hídricas aos reservatórios.

Para tanto, foram utilizadas as referências hidroclimatológicas já utilizadas na simulação dos reservatórios propostos no PRH - Verde Grande. Foram identificados os reservatórios simulados no relatório P3 situados próximos aos ora inventariados e que possuíssem características similares (locacionais, morfológicas e hidrológicas). Uma vez identificados os reservatórios de referência, os dados de chuvas e evaporações foram considerados, bem como as afluências hídricas, embora essas corrigidas por fator que relaciona as áreas de contribuição (área de contribuição do reservatório inventariado / área de contribuição do reservatório de referência).

Elaborado por: 	N° da revisão: 02	Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P5_IOH_Novos_Barramentos_REV02	30/68
---	----------------------	---	-------

	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	P5 – ESTUDO DE OFERTA HÍDRICA – INVENTÁRIO DE NOVOS LOCAIS PARA BARRAMENTOS	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

O Quadro 6.2 apresenta os reservatórios de referência adotados para cada reservatório inventariado, bem como às áreas de contribuição e respectivos fatores de correção das afluências hídricas. Para a margem esquerda do Médio Verde Grande foram adotados os parâmetros hidroclimatológicos do reservatório de Suçupara. Já para os primeiros três reservatórios inventariados na margem direita do Médio-Baixo Gorutuba foram adotados os parâmetros do reservatório de Cocos, enquanto para os últimos quatro adotou-se o reservatório de Mamonas como referência

Elaborado por: 	N° da revisão: 02	Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P5_IOH_Novos_Barramentos_REV02	31/68
---	----------------------	---	-------

Quadro 6.2 – Locais Identificados com Potencial de Regularização de Vazões e Áreas de Contribuição.

Compartimento	Código	Curso de Água	Contr. (km ²)	Referência	Fator Corr. Séries
Margem Esquerda Médio Verde Grande	MEVG01	Rio Barreiras	86,1	Suçupara (400,4 km ²)	0,215
	MEVG02	Rio Salobro	236,4	Suçupara (400,4 km ²)	0,590
	MEVG03	Córrego Vereda	209,3	Suçupara (400,4 km ²)	0,523
	MEVG04	Rio Arapoim	593,0	Suçupara (400,4 km ²)	1,481
	MEVG05	Córrego São Vicente	128,7	Suçupara (400,4 km ²)	0,321
	MEVG06	Córrego Macaúbas	371,3	Suçupara (400,4 km ²)	0,927
	Total			1.624,8	
Margem Direita Médio e Baixo Gorutuba	MDGB01	Rio Serra Branca	553,9	Cocos (171,3 km ²)	3,234
	MDGB02	Córrego Furado Sujo	117,9	Cocos (171,3 km ²)	0,688
	MDGB03	Rio Garipau	91,1	Cocos (171,3 km ²)	0,532
	MDGB04	Córrego Boqueirão do Encantado	261,0	Mamonas (174,4 km ²)	1,497
	MDGB05	Córrego Coronel	66,4	Mamonas (174,4 km ²)	0,381
	MDGB06	Riacho Piranhas (montante Jacu)	72,3	Mamonas (174,4 km ²)	0,415
	MDGB07	Rio Jacu	135,8	Mamonas (174,4 km ²)	0,364
	Total			1.298,4	

	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	P5 – ESTUDO DE OFERTA HÍDRICA – INVENTÁRIO DE NOVOS LOCAIS DE BARRAMENTOS	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

Importante ressaltar que para a determinação das séries de aflúências hídricas aos reservatórios inventariados, foi utilizada a mesma metodologia expressa no item 5.2 do Produto 3 (P3). As séries de vazões afluentes utilizadas nas simulações de operação dos reservatórios, determinadas na Nota Técnica NT-1, têm como base a aplicação de modelo chuva-vazão, visto que há necessidade de se definir séries de vazões específicas para cada local de barramento (no caso vazões mensais), ao longo de um período relativamente longo (30 anos), capaz de abranger os diversos períodos climáticos enfrentados pela região. Esse longo período visa garantir maior robustez estatística nas simulações. O fato das séries de precipitações observadas serem mais longas que as de vazões e também sua maior abrangência espacial, suportam a adoção dessa metodologia.

Em termos hidrológicos, outros procedimentos também seriam possíveis para a geração da série de vazões, como, por exemplo, a adoção das séries observadas nas estações fluviométricas, transpostas diretamente para os locais das barragens através de fator de correção considerando a proporção de áreas. Esse procedimento possibilitaria utilizar, como referência, as séries de vazões das estações localizadas na calha do rio Verde Grande, consideradas na elaboração do Marco Regulatório (Nota Técnica ANA nº 10/2018).

No entanto, esse procedimento levaria a uma menor extensão das séries de vazões (restritas aos períodos de observação de cada estação), bem como poderia introduzir diferenças relativas à inserção das demandas que ocorrem a montante destas estações e que impactam (reduzem) as vazões observadas. Outra questão refere-se à existência de substrato cárstico junto ao assoalho do Verde Grande, que influencia no comportamento hídrico do rio, através de surgências e insurgências de água (esse efeito é menos significativo nos afluentes do Verde Grande, onde estão localizados os barramentos ora estudados). Também a magnitude das diferenças entre as áreas de contribuição das estações na calha do Verde Grande e as dos locais de barramento podem introduzir distorções notadamente nas vazões de base (mínimas), face à maior capacidade de regularização de grandes bacias hidrográficas.

Assim, optou-se por adotar a metodologia ora descrita, para a geração das séries de vazões em cada local de barramento. Importante entender que, no

Elaborado por: 	N° da revisão: 02	Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P5_IOH_Novos_Barramentos_REV02	33/68
---	----------------------	---	-------

	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	P5 – ESTUDO DE OFERTA HÍDRICA – INVENTÁRIO DE NOVOS LOCAIS DE BARRAMENTOS	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

presente caso, está se realizando o dimensionamento preliminar e em nível de inventário para verificação da viabilidade de previsão de reservatórios, o que exige abordagem hidrológica conforme a utilizada, na qual a atenção está voltada aos volumes afluentes mensais ao longo do período de simulação (para essas situações um ajuste volumétrico elevado é necessário, o que efetivamente foi obtido nas calibrações, conforme explicitado na NT-1).

Situação diferente é observada na gestão de recursos hídricos, na qual há maior foco no ajuste das vazões mínimas (essenciais para a adequada gestão de recursos hídricos). Como decorrência, a adoção da abordagem hidrológica aqui referida não representa afronta aos pressupostos técnicos utilizados no Marco Regulatório, mas apenas a utilização de procedimento metodológico adequado ao dimensionamento de reservatórios.

Por fim, cabe comentar que ao término dos estudos, igualmente ao procedimento a ser utilizado para os barramentos propostos no PRH Verde Grande (P3), para os aproveitamentos inventariados melhor hierarquizados, será realizada análise de sensibilidade sobre os resultados alcançados, com vistas a verificar seus desempenhos frente a disponibilidades hídricas regidas pelos pressupostos técnicos do Marco Regulatório, com o objetivo de dar mais elementos para a tomada de decisões dos gestores.

6.3 Dimensionamento dos Reservatórios e Determinação das Vazões Regularizadas

O dimensionamento dos reservatórios inventariados seguiu procedimento semelhante ao adotado para os reservatórios previstos no PRH - Verde Grande (relatório P3). Ou seja, a partir dos dados básicos de partida (séries de precipitações, normais evaporimétricas, séries de aflúências hídricas e capacidade de acumulação – curva Área Alagada x Volume Acumulado) foram geradas as simulações operacionais dos reservatórios.

O objetivo dessas simulações foi buscar a garantia de 95% (no tempo) da vazão regularizada pelo reservatório. Os volumes iniciais foram obtidos das curvas de acumulação e foram otimizados ao longo das simulações, buscando-se os menores valores para cada vazão regularizada.

Elaborado por: 	N° da revisão: 02	Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P5_IOH_Novos_Barramentos_REV02	34/68
---	----------------------	---	-------

	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	P5 – ESTUDO DE OFERTA HÍDRICA – INVENTÁRIO DE NOVOS LOCAIS DE BARRAMENTOS	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

Conforme já comentado, as afluências hídricas em cada reservatório inventariado foram obtidas dos reservatórios de referência, sendo corrigidas pelo fator de relação de áreas de contribuição.

Após as simulações os resultados obtidos, em termos de vazão regularizada, volume acumulado, área alagada, cota do NA no reservatório e as perdas anuais por evaporação, são apresentados no Quadro 6.3.

Importante comentar que as vazões naturais para permanência de 95% no tempo, para cada reservatório inventariado, foram obtidas da situação verificada no reservatório de referência, também corrigidas pelo fator da relação de áreas de contribuição. Isso possibilitou a determinação do incremento hídrico fornecido em cada reservatório inventariado (Q_{incr95}), pela diferença entre a vazão regularizada e a natural.

Os procedimentos adotados nas simulações foram simplificações dos realizados para os reservatórios previstos no PRH - Verde Grande, tendo em vista o caráter de inventário do presente estudo. Por esta razão, não serão apresentadas as planilhas com os resultados das simulações de cada reservatório.

Elaborado por: 	N° da revisão: 02	Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P5_IOH_Novos_Barramentos_REV02	35/68
---	----------------------	---	-------

Quadro 6.3 – Resultados das Simulações Operacionais dos Reservatórios Inventariados.

Compartimento	Código	Curso de Água	Q _{nat95} (m ³ /s)	Q _{reg95} (m ³ /s)	Q _{incr95} (m ³ /s)	Vol. Acum. (hm ³)	Cota NA reserv. (m)	Área (ha)	Perda Anual Evap. (m ³)
Margem Esquerda Médio Verde Grande	MEVG01	Rio Barreiras	0,025	0,101	0,076	16,0	564	245	3.000.000
	MEVG02	Rio Salobro	0,068	0,265	0,197	14,6	550	185	2.300.000
	MEVG03	Córrego Vereda	0,060	0,247	0,187	48,0	493	680	7.600.000
	MEVG04	Rio Arapoim	0,170	0,500	0,330	15,0	495	260	4.600.000
	MEVG05	Córrego São Vicente	0,037	0,145	0,108	16,0	519	205	3.400.000
	MEVG06	Córrego Macaúbas	0,107	0,432	0,325	38,0	513	480	8.000.000
	Total					1,223	147,6		2.055
Margem Direita Médio e Baixo Gorutuba	MDGB01	Rio Serra Branca	0,042	0,570	0,528	37,0	500	1060	11.250.000
	MDGB02	Córrego Furado Sujo	0,009	0,137	0,128	28,0	485	805	5.500.000
	MDGB03	Rio Garipau	0,007	0,145	0,138	21,0	575	175	2.000.000
	MDGB04	Córrego Boqueirão do Encantado	0,003	0,258	0,255	22,0	467	480	5.100.000
	MDGB05	Córrego Coronel	0,001	0,074	0,073	16,6	566	170	1.700.000
	MDGB06	Riacho Piranhas (montante Jacu)	0,001	0,071	0,070	5,7	550	95	1.400.000
	MDGB07	Rio Jacu	0,001	0,051	0,050	11,6	490	265	2.400.000
	Total					1,243	141,9		3.050
TOTAL GERAL					2,466	289,5		5.105	58.250.000

	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	P5 – ESTUDO DE OFERTA HÍDRICA – INVENTÁRIO DE NOVOS LOCAIS DE BARRAMENTOS	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

Observa-se dos resultados, que a vazão incremental total em cada área de interesse é bastante similar: 1,223 e 1,243 m³/s, totalizando 2,466 m³/s. O maior incremento hídrico foi obtido na barragem de Serra Branca (0,528 m³/s), enquanto o menor ocorreu no rio Jacu (0,050 m³/s). Apenas para fins comparativos, os 14 reservatórios propostos no PRH - Verde Grande, em conjunto, regularizam 2,946 m³/s.

Em termos de volumes totais acumulados também houve similaridade de situações, pois as duas áreas de interesse totalizam cerca de 140 hm³. O maior volume ocorreu no córrego Vereda (48 hm³), enquanto o menor encontra-se em 5,7 hm³ no riacho Piranhas. Já em termos de áreas alagadas, na margem direita do Médio-Baixo Gorutuba o total é bastante superior ao verificado para a margem esquerda do Médio Verde Grande: 3.050 ha contra 2.055 ha. A maior área alagada ocorre no reservatório de Serra Branca com 1.060 ha, enquanto a menor ocorre no reservatório de Piranhas, com 95 ha.

Por fim, em termos de volume médio anualmente evaporado, novamente as duas áreas de interesse mostraram resultados totais bastante similares, na ordem de 29 hm³/ano. Destaque deve ser dado ao reservatório Serra Branca que perde cerca de 11 hm³/ano por evaporação.

6.4 Características Dimensionais das Barragens

Para cada local de barramento identificado no inventário, foram obtidos, diretamente da base cartográfica disponível, os seguintes elementos caracterizadores das condições topográficas: extensões do eixo para as diversas cotas simuladas e os respectivos perfis longitudinais dos eixos.

Com base nessas informações e nos resultados das simulações e dimensionamento do reservatório (item 6.3) foram determinadas as características dimensionais dos maciços. De forma similar ao realizado anteriormente para os barramentos propostos no PRH - Verde Grande (resultados apresentados no relatório P3), foram determinados os tipos de maciço de barramento para cada caso e calculados os respectivos volumes desses maciços.

A escolha do tipo de maciço atendeu ao critério adotado no relatório P3, sendo adotado maciço em Terra para relações (Comprimento / Altura Máxima) superiores

Elaborado por: 	N° da revisão: 02	Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P5_IOH_Novos_Barramentos_REV02	37/68
---	----------------------	---	-------

	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	P5 – ESTUDO DE OFERTA HÍDRICA – INVENTÁRIO DE NOVOS LOCAIS DE BARRAMENTOS	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

a 8 vezes e de concreto para valores abaixo do referido. Apenas o barramento de córrego Coronel enquadrou-se em maciço em concreto.

O cálculo dos volumes dos maciços foi realizado através de fórmula clássica, que adota como referência o Comprimento do Maciço e a Área da Seção de Máxima Altura do Maciço. A fórmula pressupõe uma multiplicação direta entre esses parâmetros geométricos, mas adota um fator multiplicador para correção. Usualmente é utilizado o fator 0,65 (adotado no PRH - Verde Grande, por exemplo).

A geometria da seção transversal dos maciços foi a mesma adotada para os barramentos propostos no PRH - Verde Grande, com algumas simplificações:

- ✓ **Maciço em Terra:** talude de montante 3(H):1(V); talude de jusante 2,5(H):1(V); largura do coroamento de 7 m; cota do coroamento igual ao NA no reservatório acrescido de 3 m (para bacias com área de contribuição superior a 400 km² esse acréscimo foi de 5 m); e profundidade de escavação da fundação de 2 m.
- ✓ **Maciço em Concreto:** talude de montante vertical; talude de jusante 0,75(H):1(V); largura do coroamento de 2 m; cota do coroamento igual ao NA no reservatório acrescido de 3 m (para bacias com área de contribuição superior a 400 km² esse acréscimo foi de 5 m); e profundidade de escavação da fundação de 2 m.

A fórmula geral adotada para cálculo do volume dos maciços foi:

$$\text{Volume} = \text{Coeficiente} \times \text{Área Máxima (na seção de máxima altura)} \times \text{Extensão Total}$$

No presente caso, aproveitaram-se os resultados obtidos para os barramentos propostos no PRH - Verde Grande para ajustar esse fator multiplicador, obtendo-se os seguintes resultados: Maciço em Terra: Fator = 0,6 e Maciço em Concreto: Fator = 0,5.

Os resultados obtidos são apresentados no Quadro 6.4. O volume total dos maciços dos 13 barramentos inventariados é de cerca de 9 milhões de m³, sendo 60% desse valor para os seis barramentos localizados na margem esquerda do Médio Verde Grande.

Elaborado por: 	N° da revisão: 02	Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P5_IOH_Novos_Barramentos_REV02	38/68
---	----------------------	---	-------

Quadro 6.4 – Principais Características Físicas dos Barramentos Inventariados.

Compartimento	Código	Curso de Água	Cota Coroam. (m)	Cota TN Curso d'Água (m)	Altura Máx. Maciço (m)	Compr. Maciço (m)	Relação L/H _{máx}	Tipo Maciço	Máx. Área (m ²)	Volume Maciço (m ³)
Margem Esquerda Médio Verde Grande	MEVG01	Rio Barreiras	567	543	26	800	30,8	Terra	2.041	979.680
	MEVG02	Rio Salobro	553	527	28	750	26,8	Terra	2.352	1.058.400
	MEVG03	Córrego Vereda	496	478	20	770	38,5	Terra	1.240	572.880
	MEVG04	Rio Arapoim	500	478	24	780	32,5	Terra	1.752	819.936
	MEVG05	Córrego São Vicente	522	501	23	520	22,6	Terra	1.616	504.114
	MEVG06	Córrego Macaúbas	516	491	27	1.200	44,4	Terra	2.194	1.579.500
	Total									
Margem Direita Médio e Baixo Gorutuba	MDGB01	Rio Serra Branca	505	490	17	1.300	76,5	Terra	914	712.725
	MDGB02	Córrego Furado Sujo	488	470	20	600	30,0	Terra	1.240	446.400
	MDGB03	Rio Garipau	578	546	34	500	14,7	Terra	3.417	1.025.100
	MDGB04	Córrego Boqueirão do Encantado	470	455	17	1.100	64,7	Terra	914	603.075
	MDGB05	Córrego Coronel	569	539	32	170	5,3	Concreto	448	38.080
	MDGB06	Riacho Piranhas (montante Jacu)	553	533	22	300	13,6	Terra	1.485	267.300
	MDGB07	Rio Jacu	493	478	17	800	47,1	Terra	914	438.600
	Total									
TOTAL GERAL										9.045.790

	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	P5 – ESTUDO DE OFERTA HÍDRICA – INVENTÁRIO DE NOVOS LOCAIS DE BARRAMENTOS	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

6.5 Definição dos Custos Associados

Os custos associados aos barramentos inventariados também foram calculados de forma similar à realizada para os barramentos propostos no PRH - Verde Grande, adotando-se, assim, os mesmos parâmetros referenciais apresentados no relatório P3.

Para o cálculo do custo de implantação foi adotado valor referencial para o m³ de maciço: R\$ 85,64 / m³ de maciço em terra e R\$ 1.011,44 / m³ de maciço em concreto.

Os custos com a elaboração de estudos e projetos foram estimados em 10% do valor do custo do maciço.

As despesas com desapropriações foram consideradas com base em R\$ 6.000,00 para cada hectare alagado.

Os custos com a compensação ambiental foram estimados em 3% do valor do custo do maciço.

E, por fim, o custo de operação e manutenção ao longo da vida útil do barramento foi estimado em 16,76% do custo do maciço.

Assim, o custo total para cada barramento resultou da soma dessas cinco parcelas e os resultados podem ser observados no Quadro 6.5. O custo total para os 13 barramentos é de aproximadamente R\$ 1,1 bilhão, sendo 60% desse valor para os seis barramentos localizados na margem esquerda do Médio Verde Grande. O maior custo ocorreu no barramento Macaúbas (R\$ 178 milhões), enquanto o menor refere-se ao barramento do riacho Piranhas (R\$ 30 milhões).

Apenas para fins comparativos, os 14 barramentos propostos no PRH - Verde Grande totalizaram um custo de R\$ 880 milhões, acumulando 220 hm³ e regularizando uma vazão total de 2,9 m³/s. Assim, mostram, no seu conjunto, um melhor desempenho em termos hídricos, com menor desembolso financeiro.

Elaborado por: 	N° da revisão: 02	Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P5_IOH_Novos_Barramentos_REV02	40/68
---	----------------------	---	-------

Quadro 6.5 – Custos dos Barramentos Inventariados.

Compartimento	Código	Curso de Água	Custos (R\$)					Global
			Implantação	Custos Estudos e Projetos	Desapropriações	Compensação Ambiental	Operação e Manutenção	
Margem Esquerda Médio Verde Grande	MEVG01	Rio Barreiras	83.899.795,20	8.389.979,52	1.470.000,00	2.516.993,86	14.061.605,68	110.338.374,25
	MEVG02	Rio Salobro	90.641.376,00	9.064.137,60	1.110.000,00	2.719.241,28	15.191.494,62	118.726.249,50
	MEVG03	Córrego Vereda	49.061.443,20	4.906.144,32	4.080.000,00	1.471.843,30	8.222.697,88	67.742.128,70
	MEVG04	Rio Arapoim	70.219.319,04	7.021.931,90	1.560.000,00	2.106.579,57	11.768.757,87	92.676.588,39
	MEVG05	Córrego São Vicente	43.172.322,96	4.317.232,30	1.230.000,00	1.295.169,69	7.235.681,33	57.250.406,27
	MEVG06	Córrego Macaúbas	135.268.380,00	13.526.838,00	2.880.000,00	4.058.051,40	22.670.980,49	178.404.249,89
	Total		472.262.636,40	47.226.263,64	12.330.000,00	14.167.879,09	79.151.217,86	625.137.996,99
Margem Direita Médio e Baixo Gorutuba	MDGB01	Rio Serra Branca	61.037.769,00	6.103.776,90	6.360.000,00	1.831.133,07	10.229.930,08	85.562.609,05
	MDGB02	Córrego Furado Sujo	38.229.696,00	3.822.969,60	4.830.000,00	1.146.890,88	6.407.297,05	54.436.853,53
	MDGB03	Rio Garipau	87.789.564,00	8.778.956,40	1.050.000,00	2.633.686,92	14.713.530,93	114.965.738,25
	MDGB04	Córrego Boqueirão do Encantado	51.647.343,00	5.164.734,30	2.880.000,00	1.549.420,29	8.656.094,69	69.897.592,28
	MDGB05	Córrego Coronel	38.515.635,20	3.851.563,52	1.020.000,00	1.155.469,06	6.455.220,46	50.997.888,24
	MDGB06	Riacho Piranhas (montante Jacu)	22.891.572,00	2.289.157,20	570.000,00	686.747,16	3.836.627,47	30.274.103,83
	MDGB07	Rio Jacu	37.561.704,00	3.756.170,40	1.590.000,00	1.126.851,12	6.295.341,59	50.330.067,11
	Total		337.673.283,20	33.767.328,32	18.300.000,00	10.130.198,50	56.594.042,26	456.464.852,28
TOTAL GERAL			809.935.919,60	80.993.591,96	30.630.000,00	24.298.077,59	135.745.260,12	1.081.602.849,27

	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	P5 – ESTUDO DE OFERTA HÍDRICA – INVENTÁRIO DE NOVOS LOCAIS DE BARRAMENTOS	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

7 INDICADORES DE DESEMPENHO

Com base nos elementos dimensionais e de custos determinados para cada barramento inventariado (apresentados no capítulo anterior), foram calculados indicadores de desempenho, a exemplo do procedimento adotado para os barramentos propostos no PRH - Verde Grande.

No presente caso, por se tratar de um inventário e considerando que os parâmetros determinados para cada barramento são de ordem menos detalhada e aprofundada que no caso dos barramentos propostos no PRH - Verde Grande, os indicadores adotados são aqueles passíveis de determinação com base na disponibilidade de informações (resultados do capítulo 6).

Assim, foram considerados e determinados indicadores técnicos, financeiros, sociais e de segurança. Relativamente ao procedimento adotado para os barramentos propostos no PRH - Verde Grande, não foram aqui calculados: o indicador social relativo ao impacto na área alagada (visto que o próprio procedimento de identificação de locais no inventário já considerou esse parâmetro na seleção); o indicador ambiental de supressão de área vegetada (pelo mesmo motivo do parâmetro anterior); e o indicador de segurança relativo ao dano potencial associado (por implicar em esforço de pesquisa incompatível com a atual fase de estudo, menos detalhada).

Nos itens a seguir são apresentados os indicadores considerados e seus resultados para cada barramento inventariado.

7.1 Indicadores Técnicos

Os indicadores técnicos considerados para os barramentos inventariados, em razão dos parâmetros técnicos determinados anteriormente, são os mesmos apresentados para os barramentos previstos no PRH - Verde Grande (relatório P3).

Assim, a partir dos parâmetros técnicos determinados no capítulo anterior foram calculados os seguintes sete indicadores técnicos:

- O incremento hídrico, calculado a partir da vazão regularizada pelo reservatório com garantia de 95% (Q_{inc95}), que expressa o seu potencial de acréscimo hídrico;

Elaborado por: 	Nº da revisão: 02	Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P5_IOH_Novos_Barramentos_REV02	42/68
---	----------------------	---	-------

	Tipo de Documento: Relatório Técnico	
	P5 – ESTUDO DE OFERTA HÍDRICA – INVENTÁRIO DE NOVOS LOCAIS DE BARRAMENTOS	
ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE		

- A relação entre a área alagada pelo reservatório e a Q_{incr95} , que expressa quanta área deverá ser alagada para cada unidade de incremento de oferta hídrica – quanto menor o valor, melhor a situação, indicando menor área alagada por incremento de vazão regularizada;
- A relação entre o volume acumulado no reservatório e a Q_{incr95} , que expressa quanta água deverá ser acumulada para cada unidade de incremento de oferta hídrica – quanto menor o valor, melhor a situação, indicando menor volume acumulado por incremento de vazão regularizada;
- A relação entre o volume do maciço do barramento e a Q_{incr95} , que expressa quanto material de construção deverá ser utilizado para cada unidade de incremento de oferta hídrica – quanto menor o valor, melhor a situação, indicando menor necessidade de material de maciço por incremento de vazão regularizada;
- A relação entre Q_{incr95} e Q_{nat95} , que indica a capacidade de incremento hídrico em relação à situação atual (sem barramento/reservatório) – quanto maior o valor, melhor a situação, indicando maior incremento de vazão regularizada em relação à vazão natural;
- A relação entre o volume acumulado no reservatório e a área por ele alagada, que demonstra a eficiência entre termos de acumulação – quanto maior o valor, melhor a situação, indicando maior volume acumulado com menor área de alagamento; e
- A relação entre o volume acumulado no reservatório e o volume utilizado no maciço do barramento, indicando também a eficiência em termos de acumulação – quanto maior o valor, melhor a situação, indicando maior volume de água acumulado com menor necessidade de material para o maciço (de terra ou concreto).

O Quadro 7.1 apresenta os indicadores técnicos calculados para cada barramento/reservatório inventariado.

Elaborado por: 	N° da revisão: 02	Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P5_IOH_Novos_Barramentos_REV02	43/68
---	----------------------	---	-------

Quadro 7.1 – Indicadores Técnicos Calculados para os Barramentos Inventariados.

Compartimento	Código	Curso de Água	Indicadores Técnicos						
			Q _{incr95}	Área Alag. / Q _{incr95}	Vol. Acum. / Q _{incr95}	Vol. Mac. / Q _{incr95}	Q _{incr95} / Q _{nat95}	Vol. Acum. / Área Alag.	Vol. Acum. / Vol. Mac.
Margem Esquerda Médio Verde Grande	MEVG01	Rio Barreiras	0,076	3.212	209,8	12.844,7	3,08	65,3	16,3
	MEVG02	Rio Salobro	0,197	939	74,1	5.369,8	2,90	78,9	13,8
	MEVG03	Córrego Vereda	0,187	3.639	256,8	3.065,4	3,11	70,6	83,8
	MEVG04	Rio Arapoim	0,330	789	45,5	2.487,0	1,94	57,7	18,3
	MEVG05	Córrego São Vicente	0,108	1.898	148,1	4.666,2	2,92	78,0	31,7
	MEVG06	Córrego Macaúbas	0,325	1.475	116,8	4.854,7	3,05	79,2	24,1
	Total		1,223						
Margem Direita Médio e Baixo Gorutuba	MDGB01	Rio Serra Branca	0,528	2.008	70,1	1.349,9	12,56	34,9	51,9
	MDGB02	Córrego Furado Sujo	0,128	6.286	218,7	3.486,1	14,31	34,8	62,7
	MDGB03	Rio Garipau	0,138	1.267	152,1	7.423,6	19,97	120,0	20,5
	MDGB04	Córrego Boqueirão do Encantado	0,255	1.882	86,3	2.364,9	85,20	45,8	36,5
	MDGB05	Córrego Coronel	0,073	2.321	226,7	519,9	96,18	97,6	435,9
	MDGB06	Riacho Piranhas (montante Jacu)	0,070	1.354	81,2	3.809,3	84,63	60,0	21,3
	MDGB07	Rio Jacu	0,050	5.271	230,7	8.724,6	69,03	43,8	26,4
	Total		1,243						
TOTAL GERAL			2,466						
Unidades:				ha/m ³ /s	hm ³ /m ³ /s	1.000m ³ /m ³ /s		1.000m ³ /ha	m ³ /m ³

7.2 Indicadores Financeiros

Em termos de indicadores financeiros e considerando as informações disponíveis, foram definidos os dois indicadores calculados anteriormente para os barramentos previstos no PRH - Verde Grande, a saber:

- O custo do incremento hídrico, calculado pela relação entre o custo total do empreendimento e incremento hídrico (Q_{incr95}) – quanto menor o indicador, melhor a situação, indicando menor custo para incrementar a vazão; e
- O custo de acumulação de água, obtido pela relação entre o custo total do empreendimento e o volume acumulado no reservatório – quanto menor o indicador, melhor a situação, indicando menor custo por volume acumulado.

Os valores obtidos para os indicadores financeiros são apresentados no Quadro 7.2.

Quadro 7.2 – Indicadores Financeiros Calculados para os Barramentos Inventariados.

Compartimento	Código	Curso de Água	Indicadores Financeiros	
			Custo / Q_{incr95}	Custo / Vol. Acum.
Margem Esquerda Médio Verde Grande	MEVG01	Rio Barreiras	1.446,7	6,90
	MEVG02	Rio Salobro	602,4	8,13
	MEVG03	Córrego Vereda	362,5	1,41
	MEVG04	Rio Arapoim	281,1	6,18
	MEVG05	Córrego São Vicente	529,9	3,58
	MEVG06	Córrego Macaúbas	548,3	4,69
Margem Direita Médio e Baixo Gorutuba	MDGB01	Rio Serra Branca	162,1	2,31
	MDGB02	Córrego Furado Sujo	425,1	1,94
	MDGB03	Rio Garipau	832,6	5,47
	MDGB04	Córrego Boqueirão do Encantado	274,1	3,18
	MDGB05	Córrego Coronel	696,3	3,07
	MDGB06	Riacho Piranhas (montante Jacu)	431,4	5,31
	MDGB07	Rio Jacu	1.001,2	4,34
Unidades			10^6 R\$/m ³ /s	R\$/m ³

7.3 Indicador Social

Em termos de indicadores sociais, foi considerada a situação relativa à associação do incremento hídrico proporcionado pelo empreendimento com a efetiva necessidade de água. Para esse indicador, foi considerada a situação, em termos de intensidade de demanda de água na sub-bacia em que se encontra o empreendimento. Para tanto, utilizou-se, como referência, o Mapa 5.11 do relatório P2 – Estudo de Demandas Hídricas, que apresenta as demandas totais em cada sub-bacia da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande. Conforme a situação da sub-bacia, em termos de demanda de água, na qual o empreendimento está localizado, foi conferida uma classificação: Muito Alta, Alta, Média e Baixa (seguindo as quatro classes de demandas do referido mapa).

Os resultados quanto à determinação desse indicador social para os barramentos inventariados são apresentados no Quadro 7.3.

Quadro 7.3 – Indicador Social Calculado para os Barramentos Inventariados.

Compartimento	Código	Curso de Água	Indicador Social
			Atendimento Demandas
Margem Esquerda Médio Verde Grande	MEVG01	Rio Barreiras	Alta
	MEVG02	Rio Salobro	Alta
	MEVG03	Córrego Vereda	Alta
	MEVG04	Rio Arapoim	Alta
	MEVG05	Córrego São Vicente	Alta
	MEVG06	Córrego Macaúbas	Alta
Margem Direita Médio e Baixo Gorutuba	MDGB01	Rio Serra Branca	Média
	MDGB02	Córrego Furado Sujo	Média
	MDGB03	Rio Garipau	Média
	MDGB04	Córrego Boqueirão do Encantado	Média
	MDGB05	Córrego Coronel	Média
	MDGB06	Riacho Piranhas (montante Jacu)	Média
	MDGB07	Rio Jacu	Média

7.4 Indicador de Segurança

Com o objetivo de avaliar questões relacionadas à segurança dos barramentos inventariados, optou-se por utilizar o indicador baseado nos conceitos adotados pela Lei de Segurança de Barragem, a exemplo do procedimento adotado no estudo dos barramentos previstos no PRH - Verde Grande.

Foi considerado, então, o indicador relacionado ao risco de rompimento do barramento (denominado de Equivalente de Risco). Para determinar o indicador Equivalente de Risco, foram consideradas as seguintes grandezas associadas aos barramentos/reservatórios: altura máxima do maciço e volume de água acumulado no reservatório. A classificação deste indicador considerou a seguinte escala:

- 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; e
- Baixo Risco: se nenhuma das condições ocorrer.

Importante destacar que esse indicador é destinado à comparação entre empreendimentos e tem caráter relativo e não absoluto. Os resultados são apresentados no Quadro 7.4.

Quadro 7.4 – Indicador de Segurança Calculado para os Barramentos Inventariados.

Compartimento	Código	Curso de Água	Indicador de Segurança
			Equivalente de Risco
Margem Esquerda Médio Verde Grande	MEVG01	Rio Barreiras	Alto
	MEVG02	Rio Salobro	Alto
	MEVG03	Córrego Vereda	Médio
	MEVG04	Rio Arapoim	Médio
	MEVG05	Córrego São Vicente	Médio
	MEVG06	Córrego Macaúbas	Alto
Margem Direita Médio e Baixo Gorutuba	MDGB01	Rio Serra Branca	Médio
	MDGB02	Córrego Furado Sujo	Médio
	MDGB03	Rio Garipau	Alto
	MDGB04	Córrego Boqueirão do Encantado	Médio
	MDGB05	Córrego Coronel	Alto
	MDGB06	Riacho Piranhas (montante Jacu)	Baixo
	MDGB07	Rio Jacu	Médio

8 SOLEIRAS VERTENTES

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”.

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.

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. Basicamente, 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 regulamentação (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

	<p>Tipo de Documento: Relatório Técnico</p> <p>P5 – ESTUDO DE OFERTA HÍDRICA – INVENTÁRIO DE NOVOS LOCAIS DE BARRAMENTOS</p>	
<p>ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE</p>		

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.

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

<p>Elaborado por:</p> 	<p>Nº da revisão:</p> <p>02</p>	<p>Código do Documento:</p> <p>AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P5_IOH_Novos_Barramentos_REV02</p>	<p>49/68</p>
---	---------------------------------	--	--------------

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 160515).

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 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 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

	<p>Tipo de Documento: Relatório Técnico</p> <p>P5 – ESTUDO DE OFERTA HÍDRICA – INVENTÁRIO DE NOVOS LOCAIS DE BARRAMENTOS</p>	
<p>ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE</p>		

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 do rio Verde Grande.

Neste contexto, a presente análise técnica pode consistir em importante passo 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 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 servirá 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 do rio Verde Grande.

Os elementos ora apresentados resultam de uma primeira avaliação das informações disponíveis e de esforço de escritório, que serão posteriormente complementadas por inspeção expedita de campo.

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 8.1, 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 Verdelandia, 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

<p>Elaborado por:</p> 	<p>Nº da revisão: 02</p>	<p>Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P5_IOH_Novos_Barramentos_REV02</p>	<p>52/68</p>
---	------------------------------	---	--------------

	<p>Tipo de Documento: Relatório Técnico</p> <p>P5 – ESTUDO DE OFERTA HÍDRICA – INVENTÁRIO DE NOVOS LOCAIS DE BARRAMENTOS</p>	
<p>ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE</p>		

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.

No Mapa 8.1, são apresentadas as Soleiras Vertentes existentes e propostas (conforma 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.

Mapa 8.1 - 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

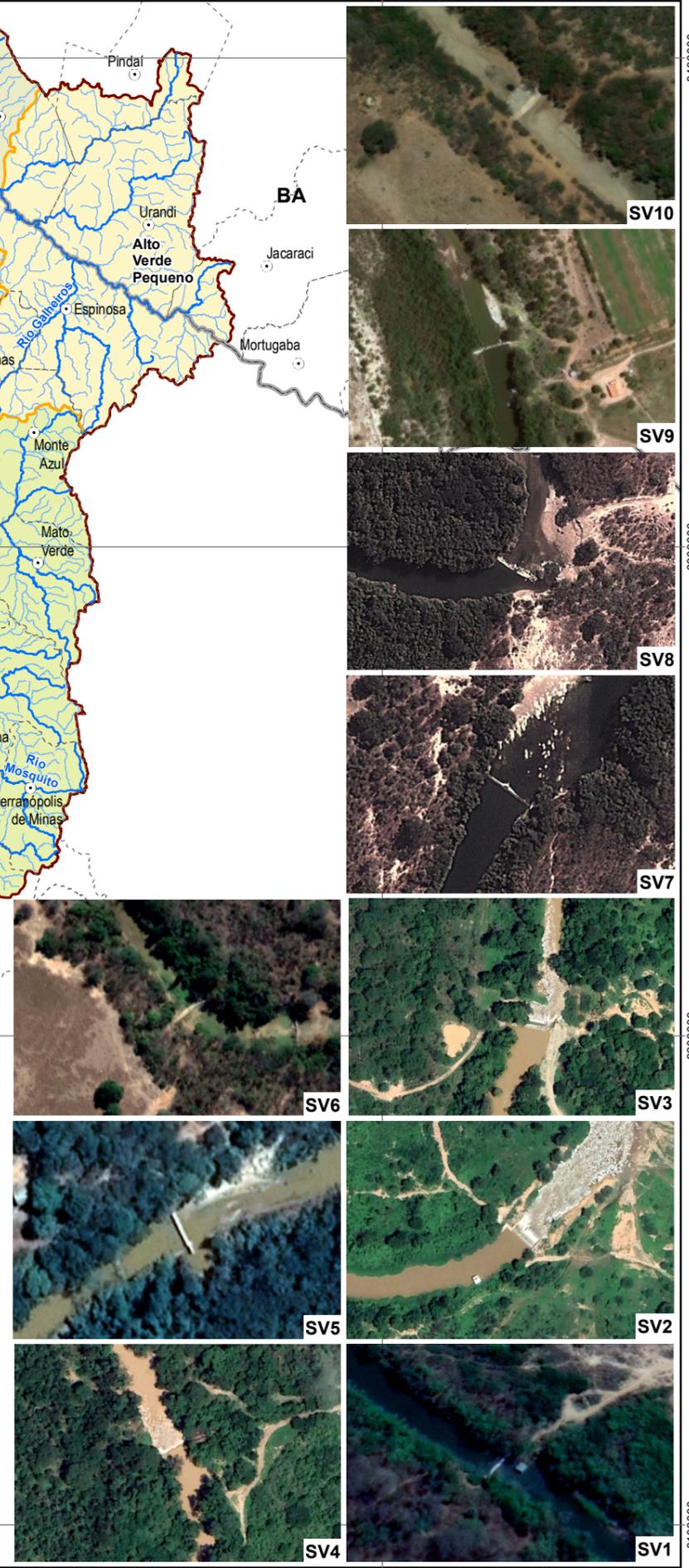
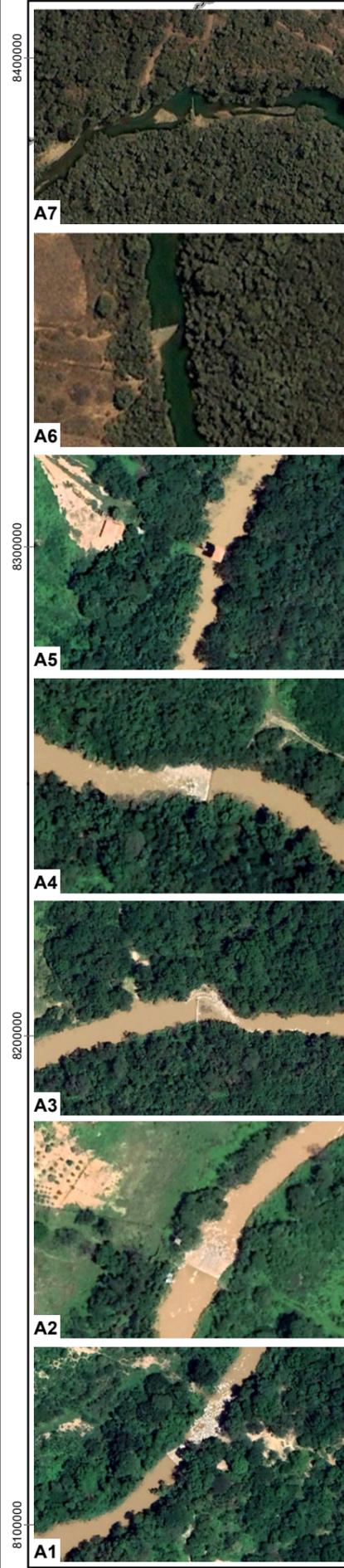
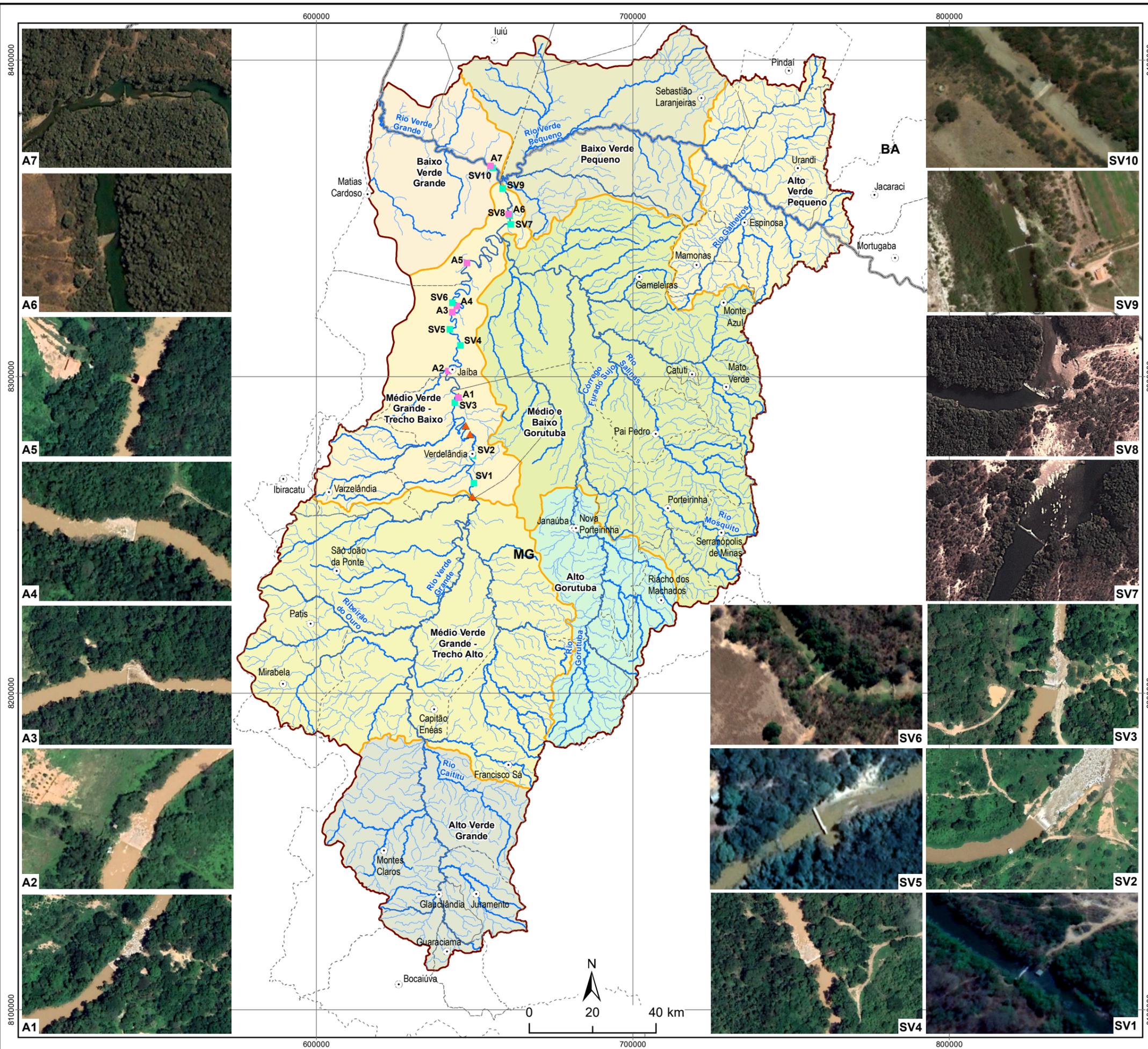
Sistema de Coordenadas UTM
 Datum SIRGAS2000
 Zona 23S
 Escala: 1:1.200.000

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)

P5 – Estudo de Oferta Hídrica – Novos Barramentos

Execução técnica: PROFILL
 Acompanhamento: Comitê de Gestão do Rio Verde Grande
 Realização: ANA (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS) e Agência Peixe Vivo



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 (posteriormente, após a inspeção de campo, será possível eleger algum 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>Tipo de Documento: Relatório Técnico</p> <p>P5 – ESTUDO DE OFERTA HÍDRICA – INVENTÁRIO DE NOVOS LOCAIS DE BARRAMENTOS</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 represadoⁱ 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

ⁱ 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>Tipo de Documento: Relatório Técnico</p> <p>P5 – ESTUDO DE OFERTA HÍDRICA – INVENTÁRIO DE NOVOS LOCAIS DE BARRAMENTOS</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 1 ou no máximo 2 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 evaporemétricas 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 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 Fissuro-cársticos na região hidrográfica do São Francisco, contratado pela ANA, em 2017, cujo

<p>Elaborado por:</p> 	<p>Nº da revisão: 02</p>	<p>Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P5_IOH_Novos_Barramentos_REV02</p>	<p>57/68</p>
---	------------------------------	---	--------------

	<p>Tipo de Documento: Relatório Técnico</p> <p>P5 – ESTUDO DE OFERTA HÍDRICA – INVENTÁRIO DE NOVOS LOCAIS DE BARRAMENTOS</p>	
<p>ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE</p>		

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 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 8.1 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.

<p>Elaborado por:</p> 	<p>Nº da revisão: 02</p>	<p>Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P5_IOH_Novos_Barramentos_REV02</p>	<p>58/68</p>
---	------------------------------	---	--------------

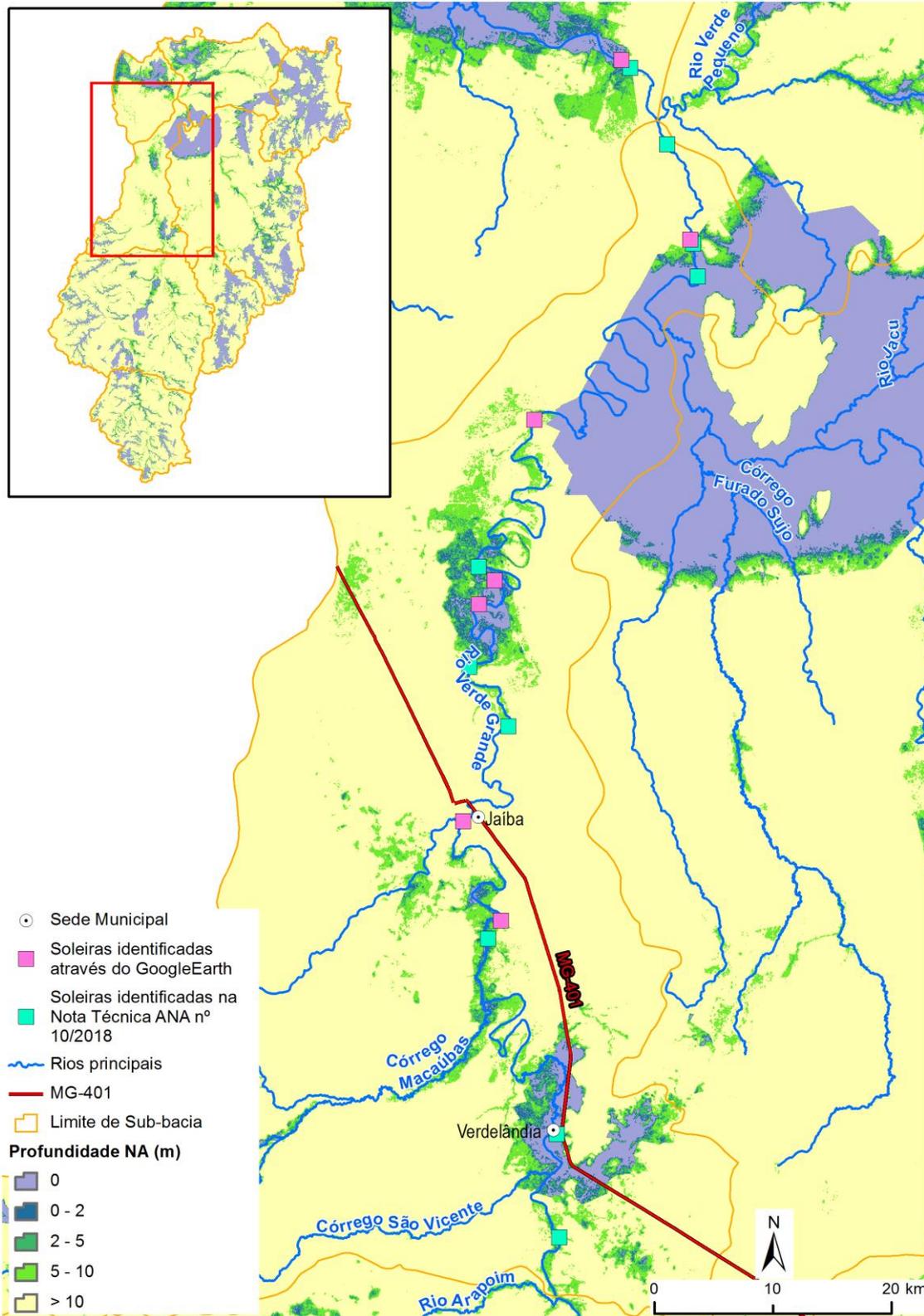


Figura 8.1 – Profundidade do Nível de Água nos Aquíferos como Indicativo de Fluxo de Água.

Esse mapeamento foi resultado de cruzamento de informações geológicas, hidrogeológicas e de poços, e será apresentado na íntegra mais adiante (no âmbito das Atividades 8 e 9). 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-estranque. 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

	<p>Tipo de Documento: Relatório Técnico</p> <p>P5 – ESTUDO DE OFERTA HÍDRICA – INVENTÁRIO DE NOVOS LOCAIS DE BARRAMENTOS</p>	
<p>ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE</p>		

operacionais significativos nos equipamentos hidromecânicos, como a esclerose precoce em tubulações adutoras.

Como conclusões parciais 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 poderá ser realizada através de investigações de campo, com medição direta e mesmo assim são 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

<p>Elaborado por:</p> 	<p>Nº da revisão: 02</p>	<p>Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P5_IOH_Novos_Barramentos_REV02</p>	<p>61/68</p>
---	------------------------------	---	--------------

	<p>Tipo de Documento: Relatório Técnico</p> <p>P5 – ESTUDO DE OFERTA HÍDRICA – INVENTÁRIO DE NOVOS LOCAIS DE BARRAMENTOS</p>	
<p>ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE</p>		

realizar descargas programadas para jusante, minimizando os riscos de eutrofização das águas, e não impedindo a piracema).

A presente análise não se encerra com a abordagem apresentada neste relatório e será complementada por inspeção de campo e consolidação da análise hidrogeológica, cujos resultados serão apresentados até a conclusão do estudo de Incremento de Oferta Hídrica.

9 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao término da Atividade 7 – Avaliação do Incremento da Oferta Hídrica – Inventário de Novos Locais de Barramento em duas áreas de interesse (margem esquerda do Médio Verde Grande e margem direita do Médio-Baixo Gorutuba), foram alcançados os objetivos propostos, a saber:

- Identificar novos locais de barramento na margem esquerda do Médio Verde Grande e margem direita do Médio-Baixo Gorutuba;
- Dimensionar os barramentos e reservatórios e determinar as respectivas vazões regularizadas;
- Determinar os custos associados aos empreendimentos inventariados;
- Identificar os condicionantes técnicos associados às Soleiras Vertentes, possibilitando uma abordagem crítica sobre as referidas estruturas; e
- Definir indicadores de desempenho e configurar cenário preliminar de hierarquização relativo ao inventário de novos locais de barramento (o que é apresentado no presente item).

Quanto à hierarquização ou seleção dos barramentos inventariados, os indicadores configurados permitem uma primeira abordagem desse assunto, através da análise puramente técnica dos resultados.

Da mesma forma que referido nos relatórios anteriores, P3 e P4, a ponderação de importância de cada um desses indicadores, necessária à tomada de decisão, seja de seleção ou hierarquização, demanda participação direta dos atores estratégicos da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande.

Esse procedimento será realizado através de dinâmica específica e aplicação de Sistema de Suporte à Decisão (SSD). Nesse contexto, a realização de Oficina será determinante na definição dos ponderadores dos indicadores, bem como para a Avaliação Conjunta das Soluções Abordadas (objetivo da Atividade A8).

Assim, no encerramento da presente Atividade (A7) é possível configurar uma abordagem preliminar quanto à hierarquização dos barramentos inventariados.

A seguir apresentam-se as hierarquizações conforme as naturezas dos indicadores considerados. O Quadro 9.1 apresenta uma classificação dos indicadores, conforme escala de valoração indicada ao pé do quadro. Quando a condição de classificação é

atendida, a célula é destacada e este indicador é considerado positivo. A escala de valoração considerada é relativa e baseada exclusivamente nos resultados obtidos no presente estudo, objetivando estabelecer uma classificação relativa. Ou seja, não possui validade em termos absolutos, mas para fins de diferenciação entre os resultados obtidos para cada empreendimento e seguindo a lógica de valoração explicitada nos indicadores (capítulo 7).

No que se refere ao indicador social (atendimento às demandas) houve pouca sensibilidade do indicador, em termos de identificar diferenças entre os barramentos inventariados, visto estarem localizados em sub-bacias com classificações pouco divergentes (entre Alta e Média), o que limita o uso deste indicador. Por esta razão, optou-se por não considerar este indicador para fins de seleção/hierarquização dos barramentos inventariados.

Dos resultados apresentados no Quadro 9.1 observa-se que, dos 13 barramentos inventariados, quatro se destacam em termos de indicadores positivos: MEVG04 – Rio Arapoim e MDGB05 – Córrego Coronel, com quatro indicadores positivos cada e MDGB01 – Serra Branca e MDGB04 – Córrego Boqueirão do Encantado, com três indicadores positivos cada.

Em uma análise mais detalhada, observa-se que o barramento MDGB05 – Córrego Coronel apresenta uma vazão incremental relativamente baixa (0,070 m³/s) frente aos demais barramentos referidos. Por essa razão, de benefício relativamente limitado, considera-se adequado descartá-lo da presente seleção.

Como resultado, tem-se a seleção preliminar dos seguintes três barramentos inventariados, conforme a área de interesse:

- **Margem Esquerda do Médio Verde Grande:** MEVG04 – Rio Arapoim, com vazão incremental de 0,330 m³/s.
- **Margem Direita do Médio-Baixo Gorutuba:** MDGB01 – Serra Branca, com vazão incremental de 0,528 m³/s e MDGB04 – Córrego Boqueirão do Encantado, com vazão incremental de 0,255 m³/s.

Quadro 9.1 – Classificação dos Indicadores Considerados para os Barramentos Inventariados.

Compartimento	Código	Curso de Água	Técnicos						Financeiros		Social	Segurança	
			Q _{incr95}	Área Alag. / Q _{incr95}	Vol. Acum. / Q _{incr95}	Vol. Mac. / Q _{incr95}	Q _{incr95} / Q _{nat95}	Vol. Acum. / Área Alag.	Vol. Acum. / Vol. Mac.	Custo / Q _{incr95}	Custo / Vol. Acum.	Atend. Demandas	Equival. Risco
Margem Esquerda Médio Verde Grande	MEVG01	Rio Barreiras	0,076	3.212	209,8	12.844,7	3,08	65,3	16,3	1.446,7	6,90	Alta	Alto
	MEVG02	Rio Salobro	0,197	939	74,1	5.369,8	2,90	78,9	13,8	602,4	8,13	Alta	Alto
	MEVG03	Córrego Vereda	0,187	3.639	256,8	3.065,4	3,11	70,6	83,8	362,5	1,41	Alta	Médio
	MEVG04	Rio Arapoim	0,330	789	45,5	2.487,0	1,94	57,7	18,3	281,1	6,18	Alta	Médio
	MEVG05	Córrego São Vicente	0,108	1.898	148,1	4.666,2	2,92	78,0	31,7	529,9	3,58	Alta	Médio
	MEVG06	Córrego Macaúbas	0,325	1.475	116,8	4.854,7	3,05	79,2	24,1	548,3	4,69	Alta	Alto
	Total			1,223									
Margem Direita Médio e Baixo Gorutuba	MDGB01	Rio Serra Branca	0,528	2.008	70,1	1.349,9	12,56	34,9	51,9	162,1	2,31	Média	Médio
	MDGB02	Córrego Furado Sujo	0,128	6.286	218,7	3.486,1	14,31	34,8	62,7	425,1	1,94	Média	Médio
	MDGB03	Rio Garipau	0,138	1.267	152,1	7.423,6	19,97	120,0	20,5	832,6	5,47	Média	Alto
	MDGB04	Córrego Boqueirão do Encantado	0,255	1.882	86,3	2.364,9	85,20	45,8	36,5	274,1	3,18	Média	Médio
	MDGB05	Córrego Coronel	0,073	2.321	226,7	519,9	96,18	97,6	435,9	696,3	3,07	Média	Alto
	MDGB06	Riacho Piranhas (montante Jacu)	0,070	1.354	81,2	3.809,3	84,63	60,0	21,3	431,4	5,31	Média	Baixo
	MDGB07	Rio Jacu	0,050	5.271	230,7	8.724,6	69,03	43,8	26,4	1.001,2	4,34	Média	Médio
Total			1,243										
TOTAL GERAL			2,466										
Unidades				ha/m ³ /s	hm ³ /m ³ /s	1000m ³ /m ³ /s		1000m ³ /ha	m ³ /m ³	10 ⁶ R\$/m ³ /s	R\$/m ³	Mapa	
Classificação			>0,200	<1.000	<50	<1000	>5	>100	>100	<300	<5		

	<p>Tipo de Documento: Relatório Técnico</p> <p>P5 – ESTUDO DE OFERTA HÍDRICA – INVENTÁRIO DE NOVOS LOCAIS DE BARRAMENTOS</p>	
<p>ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE</p>		

Em conjunto, esses três barramentos inventariados selecionados incrementam 1,113 m³/s, valor bem significativo (45%) frente ao total incrementado pelos 13 barramentos ora estudados, de 2,466 m³/s.

Igualmente, a vazão total incrementada por esses três barramentos inventariados e previamente selecionados, acrescentaria quase 40% mais vazão regularizada ao conjunto dos 13 barramentos propostos no PRH - Verde Grande. Ao se referir somente aos seis barramentos previamente selecionados no relatório P3, esse percentual torna-se mais significativo, alcançando cerca de 70%, o que mostra o potencial existente para regularização de vazões na bacia, para além dos empreendimentos propostos no PRH Verde Grande.

Em termos de abrangência espacial, também os barramentos inventariados previamente selecionados mostram importante contribuição: o barramento MEVG04 – Rio Arapoim se situa em zona praticamente desprovida de reservação/regularização, considerando as proposições do PRH - Verde Grande, embora próxima do ponto mais de montante de descarga da Transposição Jaíba. Já os barramentos MDGB01 – Serra Branca e MDGB04 – Córrego Boqueirão do Encantado encontram-se em região desprovida de estruturas de reservação e regularização e talvez neste condicionante resida os seus diferenciais positivos em relação ao contexto geral da bacia.

No que se refere às Soleiras Vertentes, conforma a análise técnica parcial apresentada no capítulo 8, foi verificado o efeito localizado das soleiras vertentes, em termos de melhora nas condições de captação a montante dessas estruturas. Também ficou claro que não há efeito de regularização que contribua significativamente para a melhora da situação hídrica na bacia. Dependendo da localização, as soleiras podem representar elevado potencial de incremento nas perdas de água para o subterrâneo (denominadas de insurgências). Nesse quesito, para boa parte dessas estruturas essa condição é bastante desfavorável. Já os problemas referidos no PRH - Verde Grande e na Nota Técnica ocorrem e devem ser minimizados ou compensados através da adoção de medidas estruturais e operacionais específicas, a serem incorporadas aos projetos de engenharia.

Chama a atenção a existência de soleiras vertentes não identificadas anteriormente, o que reflete um grau preocupante de implantação e não regularização dessas estruturas, demandando um esforço específico para a resolução dessa questão. A gestão de águas na bacia depende diretamente da adequada operação das seções de controle no rio

<p>Elaborado por:</p> 	<p>Nº da revisão: 02</p>	<p>Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P5_IOH_Novos_Barramentos_REV02</p>	<p>66/68</p>
---	------------------------------	---	--------------

	<p>Tipo de Documento: Relatório Técnico</p> <p>P5 – ESTUDO DE OFERTA HÍDRICA – INVENTÁRIO DE NOVOS LOCAIS DE BARRAMENTOS</p>	
<p>ANÁLISE DA MELHOR ALTERNATIVA DE INCREMENTO DA OFERTA HÍDRICA – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE GRANDE</p>		

Verde Grande, algumas delas potencialmente afetadas pela existência das soleiras vertentes.

Há nítida necessidade de um esforço para regularizar essa situação, o que exigirá também um esforço de mediação entre os proprietários/usuários e os órgãos de controle e gestão.

Por fim, é importante comentar que a presente análise tem caráter ainda parcial, devendo ser complementada por inspeção de campo e consolidação da análise hidrogeológica, cujos resultados serão apresentados até a conclusão do estudo de Incremento de Oferta Hídrica.

	<p>Tipo de Documento: Relatório Técnico</p> <p>P5 – ESTUDO DE OFERTA HÍDRICA – INVENTÁRIO DE NOVOS LOCAIS DE BARRAMENTOS</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. **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: dezembro 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: dezembro 2019

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

ASF, Alaska Satellite Facility. **ALOS Palsar Product**. ASF, 2019. Disponível em: <<https://asf.alaska.edu/data-sets/sar-data-sets/alos-palsar/>>.

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

GOOGLE, **Google Earth website**. Google LLC, 2019. Disponível em: <<https://www.google.com/earth/>>. Acesso em dezembro 2019.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. **Resolução Conjunta ANA/SEMAD-MG/IGAM-MG Nº 52/2018**. Disponível em: <http://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/35518220/do1-2018-08-06-resolucao-conjunta-n-52-de-26-de-julho-de-2018-35518173>. Acesso em: dezembro 2019

NASA, National Aeronautics and Space Administration. **Shuttle Radar Topography Mission**. SRTM, 2019. Disponível em: < <http://srtm.csi.cgiar.org/srtmdata/>>.

PROFILL, **Incremento de Oferta Hídrica (IOH) na Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande**: Produto 2 – Estudo da Demanda Hídrica. Profill Engenharia e Ambiente S.A., dezembro 2019.

<p>Elaborado por:</p> 	<p>Nº da revisão: 02</p>	<p>Código do Documento: AGBPV_VRDGRANDE_EHID_P5_IOH_Novos_Barramentos_REV02</p>	<p>68/68</p>
---	------------------------------	---	--------------