

ESTUDO TÉCNICO DE LOCALIZAÇÃO, QUANTITATIVO ESTIMADO E DIMENSIONAMENTO DE HORAS-MÁQUINA PARA IMPLANTAÇÃO DE BACIAS DE RETENÇÃO EM ÁREA RURAL

Documento técnico de subsídio ao processo licitatório de locação de escavadeira hidráulica, retroescavadeira, carregadeira e caminhão-prancha

1. OBJETO E FINALIDADE

O presente Estudo Técnico tem por finalidade subsidiar tecnicamente a abertura do processo licitatório destinado à contratação, por locação, de **escavadeira hidráulica de até 14 toneladas, escavadeira hidráulica de porte superior (acima de 20t e abaixo de 28t), retroescavadeira, carregadeira de porte mediano e caminhão-prancha** (este último para fins de transporte e mobilização dos equipamentos entre os locais de execução), para a implantação de bacias de retenção em vias rurais do Município de Santo Antônio do Grama/MG, no âmbito de convênio firmado para esse fim, em atendimento ao disposto na Lei nº 14.133/2021.

Observação quanto ao escopo: a solicitação inicial da Secretaria fazia referência à locação de retroescavadeira. Em razão da definição de um mix de equipamentos de escavação para a execução do serviço (Seção 5), o objeto do processo licitatório deve ser ajustado para contemplar os cinco itens ora dimensionados (quatro equipamentos de escavação e o caminhão-prancha), cabendo à equipe técnica e jurídica municipal confirmar essa ampliação de escopo antes da publicação do edital.

Conforme detalhado na Seção 6 deste documento, as características construtivas das bacias de retenção (volume, área superficial e profundidade) podem variar significativamente em função das condições específicas de cada ponto de implantação — notadamente declividade local, tipo e capacidade de infiltração do solo, e vazão de escoamento esperada. Adicionalmente, conforme demonstrado na Seção 4, o próprio quantitativo total de estruturas necessárias é estimado em uma faixa (e não em um valor fixo), em razão da distribuição dispersa e bilateral das estruturas ao longo da malha viária rural. Por essas razões, não é tecnicamente recomendável fixar, em edital, um quantitativo de horas-máquina por unidade de bacia de forma individualizada e exata. A presente justificativa demonstra que a contratação por

regime de hora-máquina, com fiscalização por horímetro e registro fotográfico georreferenciado, é o mecanismo contratual tecnicamente adequado para absorver essa variabilidade de campo, sem comprometer a precisão da estimativa orçamentária do processo licitatório.

2. CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO E DO PROBLEMA A SER ENFRENTADO

Santo Antônio do Grama está localizado na Zona da Mata de Minas Gerais, microrregião de Ponte Nova, com área territorial de aproximadamente 130,21 km² e relevo predominantemente acidentado: cerca de 5% plano, 50% ondulado e 45% montanhoso, com altitudes que variam de

420 a 849 metros. O município está inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Doce, tendo como principais cursos d'água o Ribeirão Santo Antônio e o Córrego do Taquaral.

A população total do município é de aproximadamente 4.500 habitantes, dos quais cerca de 1.000 residem na zona rural. A malha viária rural é estimada pela Secretaria Municipal de Obras em aproximadamente **300 km**, não havendo, até o momento, cadastro técnico formal (georreferenciado ou em base do tipo DER/DNIT) dessa extensão. Esse dado é, portanto, tratado neste estudo como estimativa administrativa do município, e não como levantamento cadastral certificado.

O relevo ondulado a montanhoso, combinado com a extensão da malha viária rural não pavimentada, produz um padrão recorrente de problema: em períodos de chuva intensa, o escoamento superficial concentrado nas estradas rurais provoca erosões no leito estradal, sulcos e voçorocas, comprometendo a trafegabilidade e, em pontos próximos a cursos d'água, contribuindo para o assoreamento dos leitos dos rios e facilitando o arraste de resíduos e descartes irregulares para dentro dos corpos hídricos.

As bacias de retenção a serem implantadas têm como finalidade técnica: (i) reduzir a velocidade e o volume de escoamento superficial concentrado ao longo das estradas rurais, mitigando o risco de enxurradas e a consequente degradação do leito estradal; e (ii) quando posicionadas nas margens de cursos d'água, funcionar como barreira de contenção e retenção de sedimentos, respeitando largura de afastamento prudente da margem do rio, de modo a evitar o assoreamento do leito hídrico e reduzir o aporte de descartes irregulares ao curso d'água.

3. CRITÉRIOS TÉCNICOS DE LOCALIZAÇÃO

Para que um determinado ponto da zona rural seja considerado tecnicamente apropriado à implantação de uma bacia de retenção, devem ser observados, na vistoria de campo prévia à execução, os seguintes requisitos mínimos:

- **Declividade do terreno:** preferencialmente em trechos de declividade moderada a acentuada onde se observe concentração de fluxo superficial (talwegues, pontos baixos de estrada, confluências de drenagem natural), que são os locais de maior risco erosivo.
- **Tipo e permeabilidade do solo:** priorizar pontos com capacidade de infiltração compatível com a função de retenção temporária, evitando solos excessivamente rasos sobre rocha ou horizontes com baixíssima permeabilidade, que reduzem a eficácia da estrutura e ampliam o risco de extravasamento.
- **Padrão de fluxo de água observado:** evidências visuais de escoamento concentrado, erosão já instalada (sulcos, voçorocas incipientes) ou histórico de pontos de alagamento/dano recorrente ao leito estradal.
- **Proximidade a corpos hídricos:** quando o ponto se situar próximo a curso d'água, deve ser respeitada largura de afastamento prudente da margem, de modo a não comprometer a Área de Preservação Permanente (APP) e a evitar que o material retido seja posteriormente carregado ao leito do rio, prevenindo o assoreamento.
- **Acesso operacional:** viabilidade de acesso da retroescavadeira ao ponto de implantação, considerando a largura e o estado da via rural existente.

Observação: a verificação individualizada de cada um desses critérios depende de vistoria de campo ponto a ponto, a ser realizada pela fiscalização municipal durante a execução, não sendo

possível, neste estágio de planejamento, certificar previamente todos os pontos específicos de implantação.

4. ESTIMATIVA DO QUANTITATIVO DE BACIAS DE RETENÇÃO

Diante da ausência de cadastro viário rural georreferenciado e de levantamento individualizado de pontos críticos de drenagem, a estimativa de quantitativo apresentada neste estudo utiliza como variável-base a extensão da malha viária rural do município (aproximadamente 300 km, conforme estimativa da Secretaria Municipal de Obras), associada a um espaçamento médio estimado entre estruturas de retenção, calibrado em função do relevo predominantemente ondulado a montanhoso do município.

4.1. Referência técnica adotada — Sistema de Barraginhas (Embrapa)

As estruturas objeto deste estudo seguem o conceito técnico das

"barraginhas", tecnologia social desenvolvida pela Embrapa Milho e Sorgo (Sete Lagoas/MG), descrita pelo portal institucional da Embrapa como pequenas bacias escavadas no solo, com diâmetro de até 20 metros (8 a 10 metros de raio) e rampas suaves, construídas de forma **dispersa** nas propriedades, com a função de captar enxurradas, controlar erosões e favorecer a infiltração da água da chuva no terreno, prevenindo o assoreamento de córregos e rios.

Como parâmetro dimensional de referência adotado pela equipe técnica municipal para fins deste planejamento — informação fornecida internamente, sem confirmação de uma publicação específica que eu possa citar com certeza —, considera-se volume útil de 100 a 300 m³ por estrutura, diâmetro de 15 a 20 metros e profundidade de 1,20 a 1,50 metros, valores compatíveis com a ordem de grandeza descrita pela Embrapa para essa tecnologia.

4.2. Distribuição dispersa e bilateral — ajuste do critério de espaçamento

A própria concepção técnica do sistema de barraginhas é de distribuição **dispersa** no território — e não de estruturas enfileiradas em um único eixo linear ao longo da estrada. Dois fatores, específicos da realidade de Santo Antônio do Grama, ampliam o número de pontos tecnicamente aptos à implantação em relação a um cálculo que considere a estrada como linha única:

- **Bilateralidade da via:** nas vias rurais do município, ambos os lados da estrada podem apresentar pontos tecnicamente aptos à implantação (talvegues, pontos baixos, confluências de drenagem em ambas as margens), o que, onde tecnicamente viável, dobra a frente de pontos candidatos por quilômetro de via, em comparação a um critério de eixo único.
- **Relevo ondulado/montanhoso (50% a 45% do território):** o perfil topográfico do município gera maior número de interseções naturais entre curvas de nível e o traçado viário, ampliando o número de pontos de concentração de fluxo onde a implantação é tecnicamente recomendável, em relação a um trecho de relevo predominantemente plano.

Não há, contudo, fonte normativa verificável que permita atribuir um multiplicador numérico preciso a esse efeito de dispersão por curva de nível — esse fator é tratado neste estudo de forma qualitativa, como justificativa técnica para a adoção de uma faixa de quantitativo (e não de um valor fixo), e não como base de um segundo cálculo numérico independente.

Parâmetro	Valor adotado
Extensão estimada de vias rurais	≈ 300 km (estimativa da Secretaria Municipal de Obras, sem cadastro formal)
Espaçamento médio estimado entre bacias (cenário eixo único)	≈ 120 metros (parâmetro técnico-administrativo, calibrado pelo relevo ondulado/montanhoso)
Quantitativo — cenário conservador (eixo único)	≈ 2.500 unidades
Fator de ajuste — distribuição bilateral (2 lados da via)	× 2
Quantitativo — cenário ampliado (distribuição bilateral)	≈ 5.000 unidades

Quantitativo de referência adotado neste estudo: faixa de aproximadamente 2.500 a 5.000 unidades.

Ressalva técnica fundamental: nem o espaçamento médio de 120 metros, nem o fator de bilateralidade aplicado, correspondem a coeficientes normativos de manual técnico (DNIT, DER-MG, Embrapa ou similar) — não há fonte normativa verificável que estabeleça esses valores como padrão fixo para qualquer estrada rural. Trata-se de estimativa de ordem de grandeza, construída de forma rastreável a partir de dados conhecidos (extensão viária) e de critérios técnico-administrativos adotados pela equipe municipal, para fins exclusivos de dimensionamento preliminar do processo licitatório.

O quantitativo de 2.500 a 5.000 unidades deve, portanto, ser entendido como

faixa de planejamento e referência orçamentária, sujeita a ajuste conforme a identificação efetiva de pontos críticos durante a execução da obra, vistoriados e validados pela fiscalização municipal em campo. É precisamente essa variabilidade que torna inadequado o dimensionamento por unidade de bacia e justifica a adoção do regime de execução por hora-máquina, descrito na Seção 6.

4.3. Quantitativo médio adotado para fins de dimensionamento de horas-máquina

Por solicitação da Secretaria, e para viabilizar um dimensionamento objetivo de horas-máquina no processo licitatório, adota-se neste estudo, como premissa de cálculo, o **ponto médio da faixa estimada na Seção 4.2:**

Quantitativo médio adotado: 3.750 unidades (média aritmética entre o cenário conservador de 2.500 e o cenário ampliado de 5.000 unidades).

Esta premissa — adoção do valor médio da faixa, em vez do piso ou do teto — é uma escolha administrativa da Secretaria, e não uma conclusão técnica adicional deste estudo. Ela está sendo destacada de forma expressa para que conste no processo administrativo, permitindo auditoria futura do critério de cálculo caso o quantitativo real de bacias executadas, ao final da obra, divirja do valor aqui adotado como referência.

5. DIMENSIONAMENTO ESTIMADO DE HORAS-MÁQUINA E QUILOMETRAGEM POR EQUIPAMENTO

Com base no quantitativo médio adotado (3.750 unidades, Seção 4.3) e em parâmetros técnicos de volume médio por estrutura e de produtividade por equipamento, fornecidos pela equipe técnica municipal, apresenta-se a seguir o dimensionamento estimado de horas-máquina e de quilometragem necessárias para a execução do projeto completo.

5.1. Premissas de cálculo

Premissa	Valor adotado
Quantitativo médio de bacias	3.750 unidades
Volume médio por bacia	200 m³ (parâmetro técnico fornecido pela equipe municipal)
Volume total estimado de escavação	750.000 m³

5.2. Mix de execução por equipamento e produtividade adotada

A equipe técnica municipal definiu que 70% do volume total será executado por equipamentos do tipo escavadeira hidráulica, sendo esse percentual subdividido internamente em 70% por escavadeira de até 14 toneladas e 30% por escavadeira de porte superior (acima de 20t e abaixo de 28t). Os 30% restantes do volume total se dividem igualmente entre retroescavadeira (15%) e carregadeira (15%). Em relação ao volume total do projeto, a distribuição resultante é a seguinte:

Equipamento	% do volume total	Produtividade	Volume (m³)
Escavadeira hidráulica até 14t	49% (70% de 70%)	100 m³/h	367.500
Escavadeira hidráulica 20t–28t	21% (30% de 70%)	150 m³/h	157.500
Retroescavadeira	15%	50 m³/h	112.500
Carregadeira W20 (Case)	15%	80 m³/h	112.500
Total	100%	—	750.000

5.3. Total estimado de horas-máquina por equipamento de escavação

O total de horas estimado para cada equipamento corresponde ao volume de escavação atribuído a ele, dividido pela respectiva produtividade média:

Equipamento	Cálculo	Horas estimadas
Escavadeira hidráulica até 14t	$367.500 \text{ m}^3 \div 100 \text{ m}^3/\text{h}$	3.675 h
Escavadeira hidráulica 20t–28t	$157.500 \text{ m}^3 \div 150 \text{ m}^3/\text{h}$	1.050 h
Retroescavadeira	$112.500 \text{ m}^3 \div 50 \text{ m}^3/\text{h}$	2.250 h

Carregadeira W20 (Case)	112.500 m ³ ÷ 80 m ³ /h	1.406,25 h
Total geral	—	8.381,25 h

5.4. Caminhão-prancha — contratação por quilômetro rodado

O caminhão-prancha tem a finalidade de transportar os equipamentos de escavação (notadamente as escavadeiras hidráulicas e, quando necessário, a carregadeira) entre os pontos de implantação distribuídos pela zona rural do município, não realizando, ele próprio, serviço de escavação. Por essa razão, e por definição da equipe técnica municipal, este item será dimensionado e contratado por **quilômetro rodado**, e não por hora-máquina.

Quilometragem estimada adotada: 1.200 km. Trata-se de estimativa de ordem de grandeza, fornecida pela equipe técnica municipal, sem memória de cálculo detalhada por distância entre pontos individuais — premissa que estou registrando neste estudo exatamente como informada, sem validação técnica independente de minha parte, por não dispor de dado de distância real entre os pontos de implantação e a base de guarda dos equipamentos.

5.5. Síntese do dimensionamento

Total estimado de horas-máquina (equipamentos de escavação): 8.381,25 horas, distribuídas entre escavadeira hidráulica até 14t (3.675h), escavadeira hidráulica 20t–28t (1.050h), retroescavadeira (2.250h) e carregadeira W20 (1.406,25h), com base no quantitativo médio de 3.750 bacias e nos parâmetros de volume e produtividade informados pela equipe técnica municipal.

Total estimado de quilometragem (caminhão-prancha): 1.200 km, a ser contratado por regime de km rodado, com comprovação por registro fotográfico georreferenciado dos locais de carga e descarga.

6. JUSTIFICATIVA TÉCNICA PARA A INVIABILIDADE DE DIMENSIONAMENTO EXATO DE HORAS-MÁQUINA POR UNIDADE

Não obstante o dimensionamento agregado apresentado na Seção 5 — necessário para fins de referência orçamentária do edital —, a Secretaria solicitante também requisitou o dimensionamento técnico do número exato de horas necessárias para a construção de cada bacia de retenção individualmente. Esse detalhamento individualizado e exato não é tecnicamente viável de ser apresentado com precisão, pelos motivos a seguir.

6.1. Variabilidade geométrica das estruturas

Bacias de retenção com o mesmo volume útil podem ser executadas com combinações distintas de área superficial e profundidade — uma bacia rasa e larga e uma bacia estreita e profunda podem ter volume equivalente, mas exigir tempos de escavação e movimentação de terra substancialmente diferentes, em função da geometria de corte exigida e do volume de material a ser removido e disposto.

6.2. Variabilidade do tipo de solo

O rendimento de escavação de cada equipamento varia conforme a classe do material escavado (solo argiloso, solo arenoso, saprolito, presença de matacões ou afloramento rochoso), podendo o mesmo volume de escavação demandar tempos de operação muito distintos entre pontos com características geotécnicas diferentes, mesmo dentro de um mesmo município. Os rendimentos de 100, 150, 50 e 80 m³/h adotados na Seção 5 são médias gerais, não específicas a um tipo de solo determinado.

6.3. Condições de acesso e deslocamento entre pontos

Tratando-se de uma faixa estimada de 2.500 a 5.000 pontos distribuídos ao longo de cerca de 300 km de malha viária rural — em ambas as margens, conforme detalhado na Seção 4.2 —, o tempo de deslocamento e mobilização dos equipamentos entre um ponto e outro — variável conforme o estado de conservação da via e distância entre pontos — é parte relevante do total de horas contratadas para os equipamentos de escavação, e é o próprio objeto de contratação do caminhão-prancha (Seção 5.4), não sendo passível de estimativa individualizada e precisa nesta etapa de planejamento.

6.4. Condição climática e umidade do solo no momento da execução

O rendimento operacional dos equipamentos é sensivelmente afetado pela umidade do solo no momento da escavação, fator que varia ao longo do período de execução da obra e não pode ser previsto com exatidão no momento da elaboração deste estudo.

Diante dessas variáveis — geometria, tipo de solo, distância de deslocamento e condição climática — não tenho nenhuma fonte normativa ou tabela de produtividade verificável (como as tabelas SINAPI/SICRO de rendimento de equipamentos) que permita atribuir, com confiabilidade técnica, um número fixo de horas-máquina por bacia individual sem o detalhamento específico de cada ponto. Qualquer valor fixo apresentado como

"**horas por bacia**" seria uma simplificação que poderia subdimensionar ou sobre dimensionar o serviço contratado, gerando risco de paralisação da obra por insuficiência contratual ou de questionamento por excesso de gasto público. O total agregado de 8.381,25 horas para os equipamentos de escavação (Seção 5.5) é a forma técnica adequada de apresentar essa estimativa — como referência orçamentária total, e não como coeficiente fixo por unidade.

7. REGIME DE CONTRATAÇÃO RECOMENDADO E MECANISMO DE FISCALIZAÇÃO

Em razão do exposto, recomenda-se que a contratação seja estruturada sob **dois regimes de medição distintos, conforme a natureza de cada equipamento**:

- **Hora de operação efetiva (hora-máquina):** aplicável às escavadeiras hidráulicas (até 14t e de 20t a 28t), à retroescavadeira e à carregadeira, com quantitativo total estimado de 8.381,25 horas, conforme Seção 5;
- **Quilômetro rodado:** aplicável ao caminhão-prancha, com quantitativo total estimado de 1.200 km, conforme Seção 5.4.

Ficando expressamente ressalvado em edital que:

- o quantitativo de bacias, de horas e de quilometragem é estimativo, dentro de uma faixa de aproximadamente 2.500 a 5.000 unidades, de um total de referência de 8.381,25 horas para os equipamentos de escavação e de 1.200 km para o caminhão-prancha, podendo os totais efetivamente executados variar para mais ou para menos dentro do limite contratual e do saldo orçamentário disponível;
- o pagamento dos equipamentos de escavação será realizado por hora efetivamente trabalhada, comprovada por horímetro de cada equipamento;
- o pagamento do caminhão-prancha será realizado por quilômetro rodado, comprovado por registro fotográfico georreferenciado do local de carga e do local de descarga em cada mobilização;
- a definição final dos pontos de implantação das bacias seguirá os critérios técnicos de localização descritos na Seção 3, validados em campo pela fiscalização municipal.

Mecanismo de fiscalização: a fiscalização do serviço será exercida por fiscal designado pelo Município, com acompanhamento direto da execução em cada local de intervenção. Para os equipamentos de escavação, a comprovação se dará por meio de registro fotográfico georreferenciado, contendo coordenadas geográficas e marcação de data e horário, de forma a corroborar e auditar o horímetro de cada máquina. Para o caminhão-prancha, a comprovação se dará por meio de registro fotográfico georreferenciado específico do ponto de carga e do ponto de descarga de cada viagem, com coordenadas e horário, permitindo a verificação da rota e da distância percorrida em cada mobilização.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo demonstra que, embora não seja tecnicamente possível apresentar um dimensionamento individualizado e exato de horas-máquina por bacia de retenção — em razão da variabilidade geométrica, geotécnica, operacional e climática inerente a esse tipo de intervenção —, é possível e recomendável apresentar uma estimativa fundamentada e rastreável de quantitativo total de estruturas (Seção 4), de horas-máquina agregadas por equipamento de escavação e de quilometragem estimada para o caminhão-prancha (Seção 5), com base nos dados disponíveis de extensão viária rural, perfil de relevo do município e parâmetros de produtividade e deslocamento fornecidos pela equipe técnica municipal, suficiente para subsidiar a definição do quantitativo total estimado a ser utilizado como referência no processo licitatório.

Recomenda-se que, sempre que viável, o município avance na elaboração de: (i) um cadastro georreferenciado da malha viária rural e dos pontos de drenagem crítica; e (ii) um levantamento da distância real entre os pontos previstos de implantação e a base de guarda dos equipamentos, de modo a permitir, em revisões futuras deste estudo, maior precisão na estimativa de quantitativos, na quilometragem efetiva do caminhão-prancha e na alocação orçamentária dos serviços de drenagem rural.

PEDRO MARTINO ZEFERINO

Engenheiro Civil — CREA MG nº 137.103/D

Responsável Técnico

Santo Antônio do Grama / MG