

## AVALIAÇÃO DA TÉCNICA DE SUBSOLAGEM EM ÁREAS DE PASTAGEM PARA CONSERVAÇÃO DE ÁGUA E SOLO NA BACIA DO RIO DOCE - MG

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/congea.14.23.VIII-004>

Sebastião Tomas Carvalho (\*), Antônio Claret de Oliveira Neves, Luiz Ronilson Araújo Paiva

\* Instituto Doce Sítio sebastiao.tomas@yahoo.com.br

### RESUMO

A qualidade do solo está ligada diretamente com seu grau de infiltração e retenção de água. Em áreas de pastagem, é comum a presença de camadas compactadas causadas por pisoteio de animais e uso intenso, que, em alguns casos, chegam a expor o solo, maximizando os riscos de escoamento superficial e erosão. A bacia do Rio Doce possui em torno de 8.340.000 hectares, das quais 59% é composta por pastagens muitas vezes degradadas e com baixo grau de permeabilidade. Além disso, a precipitação pluviométrica anual tem sido menor nos últimos anos na região leste de Minas Gerais levando à redução da vazão dos cursos de água na região, com sérios riscos de desabastecimento para a sociedade, agricultura/pecuária e processos industriais. A subsolagem é um projeto realizado em parceria com municípios, instituições públicas e privadas e produtores rurais. Trata-se de uma técnica executada em curvas de nível, em que um subsolador acoplado a um trator agrícola realiza sulcos rompendo a estrutura superficial compactada e permitindo que os escoamentos superficiais infiltrem no solo, ao invés de escoar pela superfície, carreando solos e causando enchentes. Este trabalho tem como objetivo avaliar o efeito do uso da subsolagem em pastagens para conservação de água e solo em propriedades rurais situadas na Bacia do Rio Doce. Para isso, foi avaliado um trabalho de subsolagem realizado em 6.620 hectares na bacia do Rio do Prata situada nos municípios de São Domingos do Prata e Nova Era, MG perfazendo um total de 14,4% da bacia. Os trabalhos foram executados nos anos de 2019, 2020, 2021 e 2022 por uma empresa privada em parceria com as prefeituras e o monitoramento da vazão do manancial vem sendo realizada desde o início dos trabalhos. Os resultados preliminares indicam alta taxa de infiltração de água nos sulcos subsolados, redução de escoamentos superficiais e melhoria da estrutura física do solo. A subsolagem representa uma alternativa de conservação de água e solo de um ponto de vista técnico, ambiental, econômico e social. A subsolagem em pastagem torna-se uma alternativa viável tanto para o produtor rural quanto para toda a sociedade, uma vez que, além do aumento do volume de água infiltrada e disponibilidade na propriedade rural, melhora a produtividade da pastagem e permite a regularização da vazão de cursos de água para beneficiar todos os seguimentos da sociedade.

**PALAVRAS-CHAVE:** Subsolagem, Pastagens, Infiltração, Escassez hídrica.

### INTRODUÇÃO

A qualidade do solo está ligada diretamente com seu grau de infiltração e retenção de água. Em áreas de pastagem, é comum a presença de camadas compactadas causadas por pisoteio de animais e uso intenso, que, em alguns casos, chegam a expor o solo, maximizando os riscos de escoamento superficial e erosão. A bacia do Rio Doce possui em torno de 8.340.000 hectares, das quais 59% é composta por pastagens, muitas vezes degradadas e com baixo grau de permeabilidade. (Figura 1)

Além disso, a precipitação pluviométrica anual tem sido menor nos últimos anos, levando à redução da vazão dos cursos de água na região, com sérios riscos de desabastecimento para sociedade, agricultura/pecuária e processos industriais. A subsolagem em áreas de pastagem é um projeto executado em parceria com municípios, instituições públicas e privadas e produtores rurais.

Trata-se de uma técnica executada em curvas de nível, em que um subsolador acoplado a um trator agrícola realiza sulcos a uma profundidade de 60 cm rompendo a estrutura superficial compactada e permitindo que os escoamentos superficiais infiltrem no solo, ao invés de escoar pela superfície carreando solos e causando enchentes.

Este trabalho tem como objetivo avaliar o efeito do uso da subsolagem em pastagens para conservação de água e solo em propriedades rurais situadas na bacia do Rio do Prata afluente do rio Piracicaba/Rio Doce situada no Leste de Minas Gerais. Os resultados preliminares indicam alta taxa de infiltração de água nos sulcos subsolados, redução de escoamentos superficiais e melhoria da estrutura física do solo. A subsolagem representa uma alternativa de conservação de água e solo de um ponto de vista técnico, ambiental, econômico e social.



A região sudeste do Brasil tem sofrido com uma escassez hídrica nos últimos anos, o que reduziu significativamente a disponibilidade de água para abastecimento humano, processos industriais e para agropecuária, entre outros. Na bacia do Rio Doce, essa escassez vem sendo agravada ainda mais pelo estado atual de degradação da área.

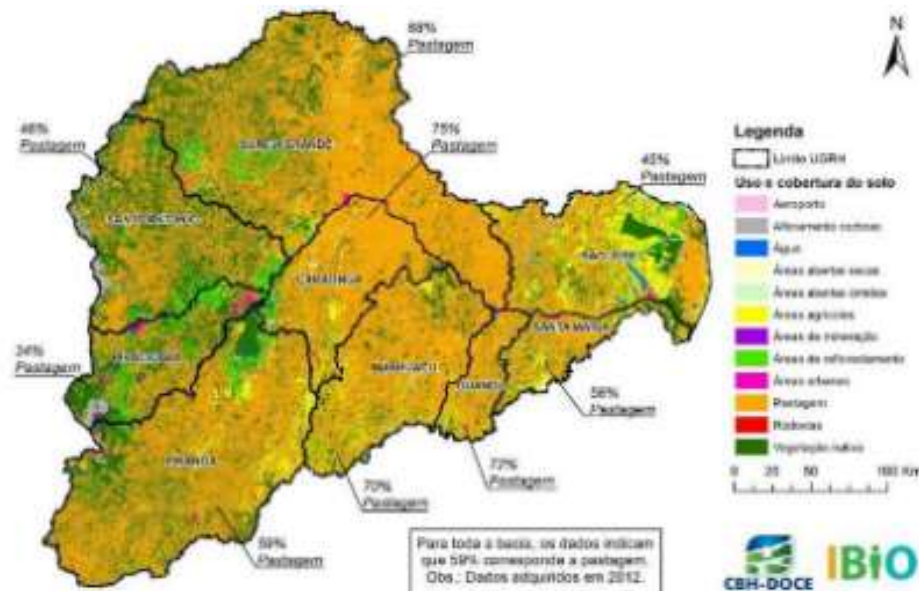


Figura 1 – Uso e cobertura do solo na bacia do rio Doce

Um estudo do estado da arte das pastagens em Minas Gerais, realizada pelo grupo gestor do plano agricultura de baixa emissão de carbono da superintendência federal de agricultura de Minas Gerais realizado em 2015, revela que em termos relativos, cerca de 75% das pastagens no Estado encontram-se em estágio moderado ou fortemente degradado, determinando um imenso desafio para a sustentabilidade e competitividade da pecuária mineira (INAES, 2015).

O aspecto mais marcante deste problema está no elevado grau de compactação dos solos, que impede a infiltração de água das chuvas, ampliando o escoamento superficial e provocando erosões e assoreamentos dos rios conforme figura 2. Além disto, é uma das responsáveis pela redução da fertilidade dos solos. O excesso de escoamento superficial é o causador de desequilíbrios na bacia: enchentes na estação chuvosa e escassez pronunciada de água na estação seca.



Figura 2 – Escoamento superficial em pastagens compactadas na bacia do rio Doce

O processo de infiltração é de importância prática porque, muitas vezes, determina o balanço de água na zona das raízes e o deflúvio superficial, responsável pela erosão hídrica. Assim, o conhecimento do processo e sua relação com as características do solo. De acordo com Carduro & Dorfman (1988) condições tais como: porosidade, umidade, atividade biológica, cobertura vegetal, rugosidade superficial e declividade do terreno, dentre outras, influem grandemente na infiltração da água no solo. Segundo Reichert et al. (1992) a textura do solo afeta o salpico de partículas provocado pelo impacto das gotas de chuva, contribuindo para uma redução da porosidade da camada superficial do solo. Além do impacto da gota, Morin & van Winkel (1996) citam a dispersão físico-química das argilas do solo como causa da formação do selamento superficial e, conseqüentemente, da redução da taxa de infiltração.

A subsolagem é uma técnica utilizada para romper camadas de solo que tenham sofrido compactação, ou mesmo perfis de solo mais densos. O rompimento das camadas compactadas traz benefícios imediatos, como a diminuição da resistência do solo à penetração das raízes e o aumento no volume dos macroporos. Esses benefícios melhoram a aeração e a drenagem interna do solo, pois permitem que o fluxo vertical da água seja mais rápido, provocando menores taxas de escoamento superficial e tempo de encharcamento do solo (Cassel, 1979; Taylor & Beltrame, 1980).

Para Srivastava et al. (1993), a subsolagem é utilizada para romper camadas de solo impermeáveis ou compactadas, promovendo a infiltração da água. Para realizar tal operação, são empregados os subsoladores, caracterizados por hastes operadas em profundidades de 0,45 a 0,75 m, ou mais, promovendo pouca mistura e nenhuma inversão de solo. Nichols & Reaves (1958) esclarecem que a subsolagem é realizada normalmente entre as profundidades de 0,30 a 0,40 m mas, em alguns casos, pode atingir até 0,60 m.

## OBJETIVOS:

Avaliar o efeito do uso da subsolagem em pastagens para conservação de água e solo em propriedades rurais situadas na bacia do Rio do Prata afluente do rio Piracicaba/Rio Doce localizada no Leste de Minas Gerais.

- Avaliar o comportamento da vazão do rio do Prata, após a implantação da técnica, através da medição da vazão;
- Correlacionar a vazão do rio com o volume precipitado, através de estações de medições.

## METODOLOGIA:

O Rio do Prata é uma bacia afluente ao rio Piracicaba, que por sua vez, é um dos principais contribuintes da bacia hidrográfica do Rio Doce. A posição da bacia do Rio do Prata na bacia do Rio Doce pode ser verificada na figura 3.

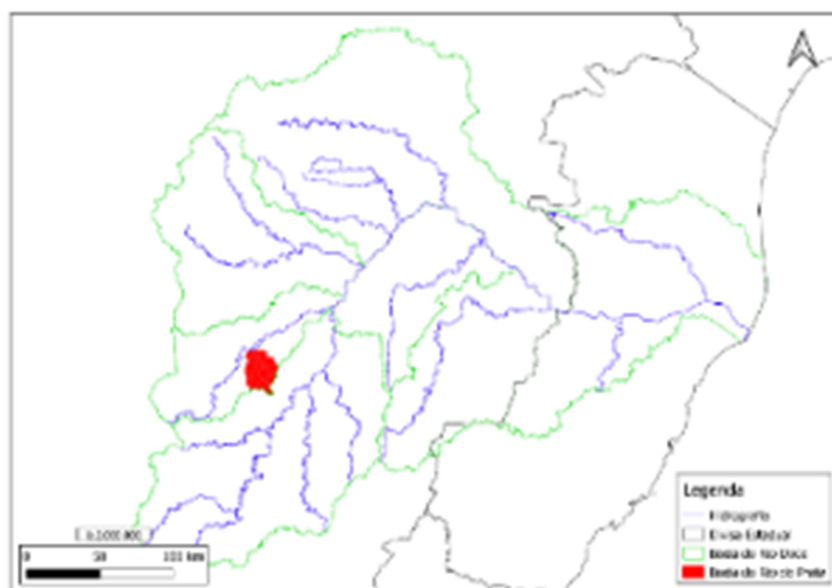


Figura 3 – Localização da bacia do Rio do Prata na bacia do Rio Doce

O manancial do Rio do Prata, com um total de 48.312 hectares, tem grande relevância regional por abastecer os municípios de São Domingos do Prata e Nova Era, além de ser utilizado para atividades como irrigação e dessedentação de animais, essa última, considerada um importante fator econômico para a região.

A paisagem na bacia tem a predominância das pastagens, sendo a distribuição das tipologias do uso do solo apresentadas na Tabela 1.

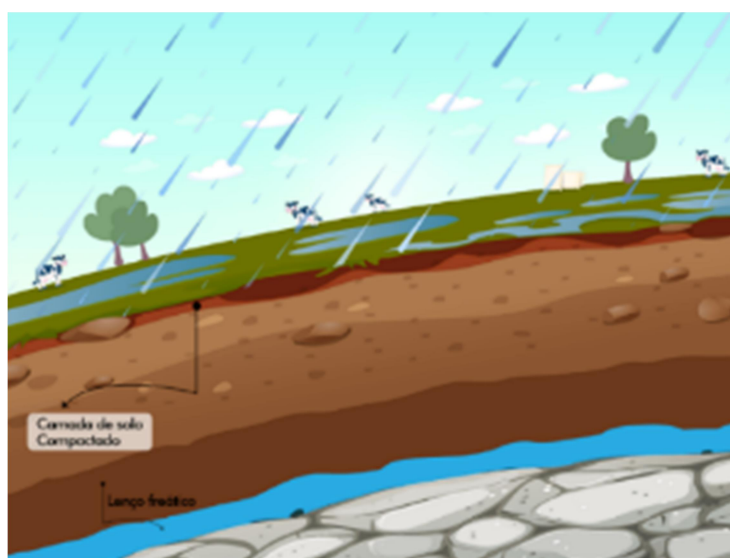
**Tabela 1 – Percentual e áreas das tipologias de uso do solo na bacia do rio do Prata**

Uso do solo	Área (ha)	Percentual (%)
Agropecuária	26.198	54,2
Florestas Plantadas	1.643	3,4
Mata Nativa	17.042	35,3
Área Edificada	1.755	3,6
Outros	1.674	3,5
Total	48.312	100

Para entendimento da técnica, as etapas da subsolagem serão esquematizadas nas figuras (4, 5 e 6), onde é possível observar o efeito da técnica no solo. Em um solo compactado a tendência da água de chuva é escoar pela superfície. É um processo natural que ocorre quando a taxa de precipitação excede a capacidade de infiltração do solo, ou quando o solo já está saturado de água. Ao invés de ser absorvida pelo solo, a água se move sobre a superfície, seguindo a inclinação do terreno.

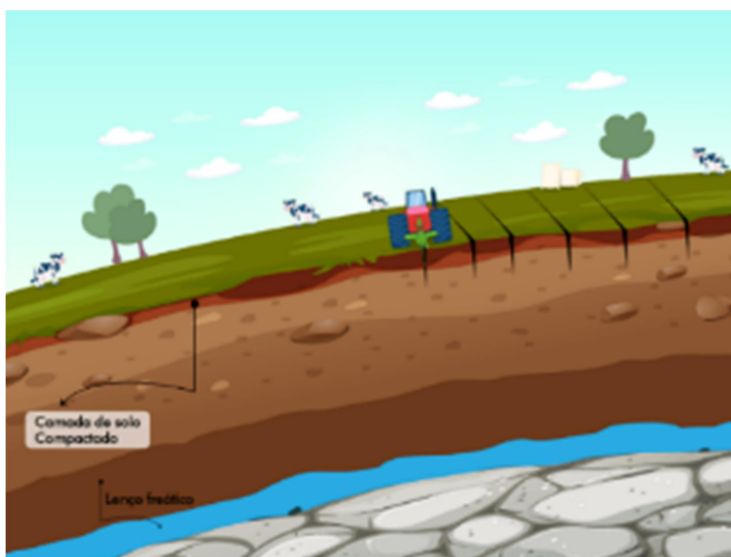
Por outro lado, a infiltração de água no solo é um processo essencial no ciclo hidrológico, onde a água da chuva penetra na superfície do solo e move-se em direção ao interior, eventualmente reabastecendo os lençóis freáticos ou contribuindo para o escoamento subterrâneo.

A infiltração é crucial para a recarga de aquíferos, a manutenção de ecossistemas e a prevenção de enchentes. Práticas de manejo sustentável do solo, como a adoção de subsolagem, sistemas de cultivo conservacionista, plantio direto e manejo da cobertura vegetal, são implementadas para melhorar a infiltração e promover a sustentabilidade hídrica do solo.

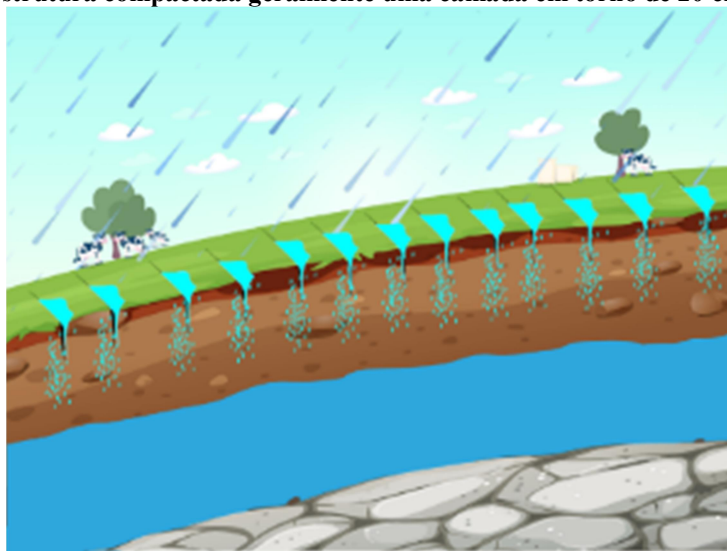


**Figura 4: Visão geral de uma pastagem compactada e os efeitos do escoamento superficial durante as chuvas.**





**Figura 5: Distribuição das linhas em curva de nível e corte no solo realizado pela subsolagem rompendo a estrutura compactada geralmente uma camada em torno de 20 cm.**



**Figura 6: Comportamento do escoamento em área subsolada durante evento de chuva, contribuição para elevação do nível do lençol.**

Em janeiro de 2019, foi iniciado o projeto de subsolagem em pastagens de propriedades rurais na bacia do Rio do Prata. As atividades foram concentradas nas regiões de cabeceira da bacia, e a montante da captação do município de São Domingos do Prata MG. No ano de 2020 a área de atuação das atividades foi ampliada para o município vizinho de Nova Era. Já em 2021 a subsolagem avançou para as áreas mais a jusante da bacia, próximas à foz com o Piracicaba.

Além dessa área mais a jusante da bacia, houve avanço também em regiões de cabeceira no município de S. D. do Prata que ainda não haviam sido subsoladas. O projeto foi finalizado em abril de 2022 (Figura 7) com algumas áreas remanescentes da bacia sendo subsoladas, **totalizando** 6.620 hectares de pastagens subsoladas na bacia.

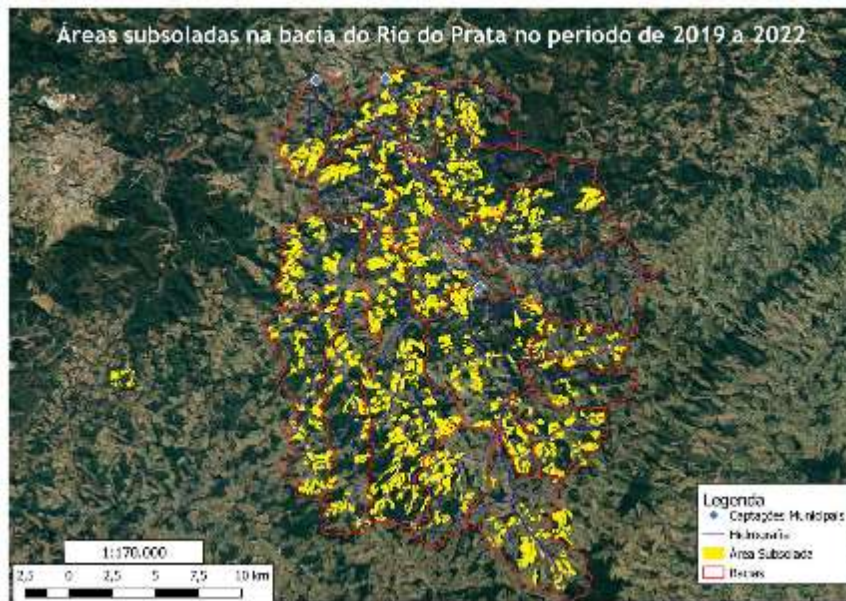


Figura 7 – Áreas subsoladas na bacia do Rio do Prata no período de 2019 a 2022.

## RESULTADOS:

Como forma de buscar evidências dos efeitos da subsolagem nas pastagens da bacia do Prata, foram propostos o desenvolvimento e a análise de indicadores de precipitação baseado na relação com vazão do manancial após a realização da técnica de subsolagem.

Ao propor o indicador com base em um parâmetros associados a vazões e ao total precipitado no período, buscou-se verificar a hipótese do aumento das vazões de base, que ocorrem nos períodos de estiagem, a partir de uma maior infiltração das águas precipitadas nos períodos chuvosos.

Para isso, os dados de vazão utilizados foram provenientes da estação fluviométrica da UHE Guilman-Amorim Rio do Prata (56666000) e os dados de precipitação foram extraídos da estação meteorológica do INMET mais próxima, situada no município de Timóteo MG.

As séries de dados de vazões medidas na estação fluviométrica e precipitações correspondem aos anos de 2019 a 2023. Os dados da estação fluviométrica de UHE Guilman Amorim – São Domingos do Prata foram extraídos da plataforma Hidroweb, da ANA (Agência Nacional de Águas) e processados através do software R. Os valores de precipitação foram somados diariamente e agrupados mensalmente de fevereiro de 2019 a julho de 2023.

O regime de precipitação no leste de Minas Gerais, assim como em muitas regiões do Brasil, é influenciado principalmente pelo clima tropical. No entanto, é importante notar que as condições climáticas específicas podem variar consideravelmente dentro de uma região, dependendo de vários fatores, como altitude, topografia, proximidade com corpos d'água e influências locais.

Em termos gerais, o leste de Minas Gerais experimenta um regime de precipitação sazonal, caracterizado por uma estação chuvosa e uma estação seca. As características típicas incluem:

**Estação Chuvosa (Verão):** Geralmente ocorre durante os meses de verão, de dezembro a março. Durante essa época, as temperaturas podem ser elevadas, e as chuvas frequentes são comuns, muitas vezes na forma de tempestades intensas.

**Estação Seca (Inverno):** Nos meses de inverno, de junho a setembro, a região tende a ser mais seca. As chuvas diminuem significativamente, e o clima pode ser mais ameno conforme descrito na figura 8.

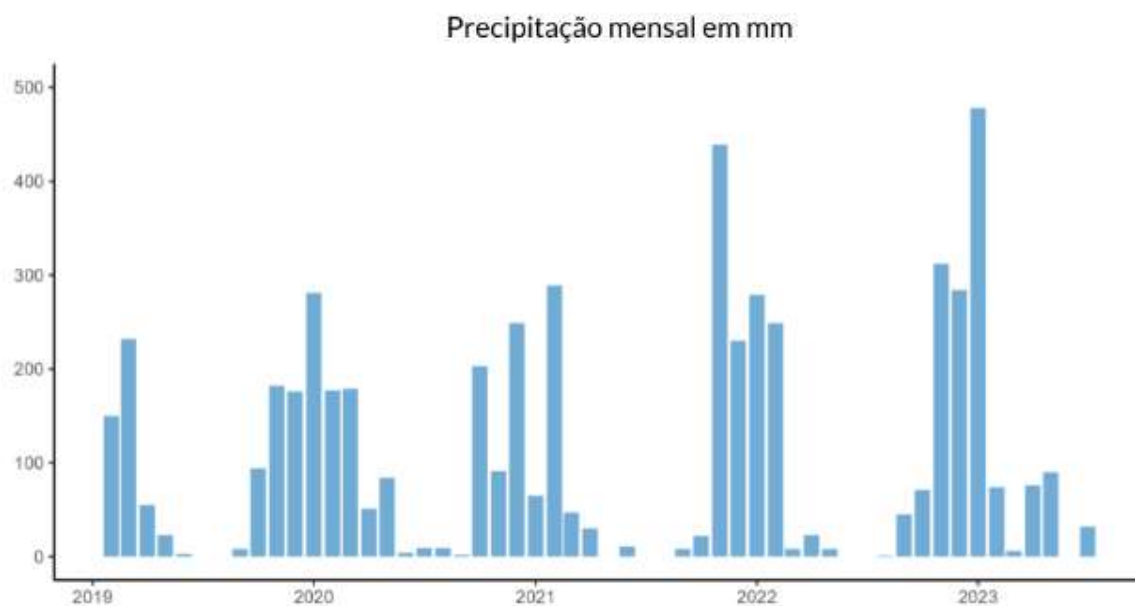


Figura 8 – Precipitação mensal na região da bacia do Rio do Prata no período de 2019 a 2023.

Na figura 9 é possível visualizar a evolução da vazão do Rio do Prata no período de 2019 a 2023 após início da técnica de subsolagem. Nesse gráfico cada ponto representa a soma das vazões diariamente, agrupadas mensalmente. A linha azul representa a tendência da vazão realizada através de regressão linear pelo software R com um intervalo de confiança de 95 %. Verifica-se uma tendência de aumento da vazão bem acentuada após o período em que foram iniciados os trabalhos de subsolagem na bacia do Rio do Prata.

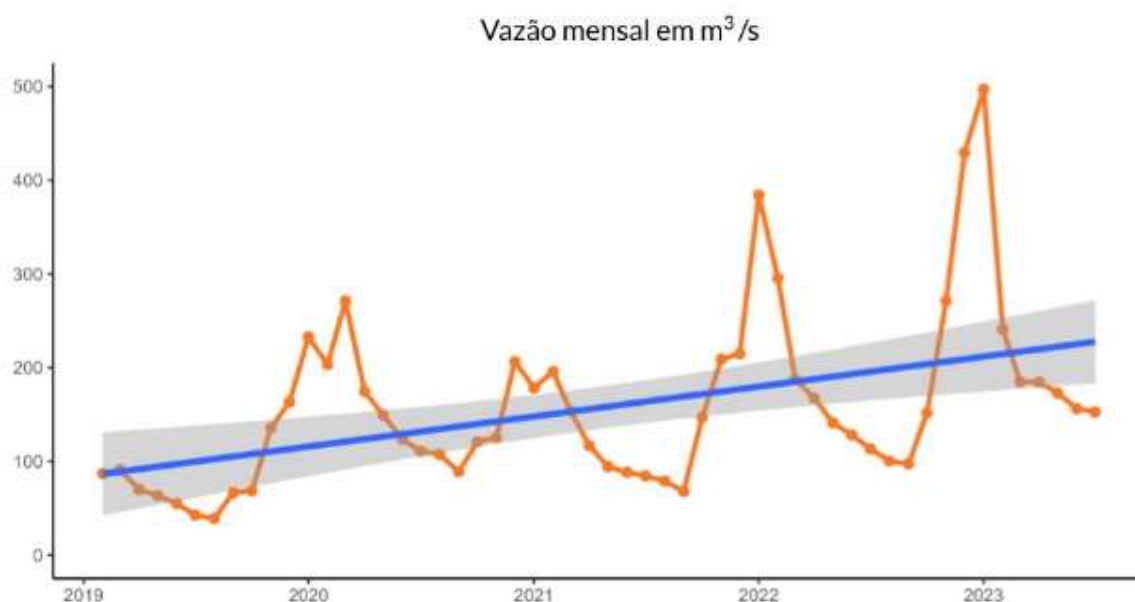


Figura 9 – Evolução da vazão do Rio do Prata no período de 2019 a 2023.

A relação entre vazão e precipitação é um aspecto fundamental no estudo de hidrologia, incluindo sua distribuição, movimentação e propriedades físicas. A correlação entre vazão e precipitação é complexa e varia conforme a região, o tipo de solo, o grau de compactação e a cobertura vegetal da área.

O tempo que leva para a precipitação se transformar em vazão varia em função do grau de permeabilidade do solo e da topografia do terreno. Em áreas urbanas ou com solos saturados, a resposta pode ser rápida, enquanto em áreas mais



permeáveis pode haver um atraso significativo. A intensidade e o tipo de precipitação afetam diretamente a resposta da vazão.

Entretanto as características do solo vão influenciar a capacidade de infiltração, reduzindo o escoamento superficial imediato. O aumento da vazão de rios devido à infiltração de água no solo é uma parte importante do ciclo hidrológico. Esse processo é conhecido como recarga de água subterrânea, e pode ter vários impactos no comportamento dos rios e na disponibilidade de água em uma bacia hidrográfica.

Nesse aspecto a subsolagem tem sido fundamental no comportamento da vazão da bacia, uma vez que a infiltração da água no solo nos meses de chuvas e um maior tempo de residência da água na propriedade permitiu aumentar a vazão e mantê-la estável nos meses de seca conforme figura 10.



Figura 10 – Relação entre vazão e precipitação na bacia Rio do Prata no período de 2019 a 2023.

## CONCLUSÕES

Durante o projeto foram subsolados 6.620 hectares, sendo distribuídos da seguinte maneira: 1.697 hectares em 2019, 2.180 hectares em 2020, 2063 hectares em 2021 e 409,76 em 2022. Dessa forma, foram subsolados 14,4% da área total do manancial. Quando comparada somente à área de pastagem, o percentual subsolado foi de 25,3% das pastagens no manancial.

Foi verificada uma elevação no valor da vazão nos meses de estiagem em comparação aos meses posteriores à realização da subsolagem na bacia, que ocorreu a partir do início de 2019, se estendendo até abril de 2022.

De forma complementar, depoimentos de produtores rurais dão conta do enorme benefício da técnica na bacia. Segundo os produtores, foi observado que, diferentemente de outras épocas anteriores à subsolagem, o Rio do Prata se manteve em seu leito e não provocou inundações no município de São Domingos do Prata, mesmo diante das fortes chuvas na região no período posterior à subsolagem. Além disso, durante os períodos de estiagem, tem sido observada a manutenção de vazões residuais mais elevadas na bacia do Rio do Prata e que na estação seca a vazão permaneceu estável.

A subsolagem contribuiu com a infiltração da água no solo. Ao quebrar camadas duras, a água da chuva penetrou no solo, ao invés de escoar pela superfície, aumentando a recarga do lençol. A melhoria na infiltração também contribuiu para a redução da erosão e para redução dos níveis de turbidez em épocas de chuvas.

Foi observado que a quebra de camadas compactadas permitiu um melhor desenvolvimento das pastagens, já que as raízes das gramíneas puderam desenvolver em maior profundidade em meio ao solo mais aerado, o que é crucial em períodos de estresse hídrico.



A subsolagem em pastagem torna-se uma alternativa viável tanto para o produtor rural, quanto para toda a sociedade, uma vez que, além do aumento do volume de água infiltrada e disponibilidade na propriedade rural, melhora a produtividade da pastagem e permite a regularização da vazão de cursos de água para beneficiar todos os seguimentos da sociedade.

## **REFERÊNCIAS**

1. CARDURO, F.A.; DORFMAN, R. Manual de ensaios de laboratório e campo para irrigação e drenagem. Brasília: PRONI/MA, 1988. 216p.
2. CASSEL, D.K. Subsoiling. Crops and Soils Magazine, v.32, p.7-10, 1979.
3. INAES, Estado da arte das pastagens em Minas Gerais. Belo Horizonte, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento Instituto Antônio Ernesto de Salvo – INAES, 2015.
4. MORIN, J.; VAN WINKEL, J. The effect of raindrop impact and sheet erosion on infiltration rate and crust formation. Soil Science Society of America Journal, v.60, p.1223-1227, 1996
5. NICHOLS, M.L.; REED, I.F.; REAVES, C.A. Soil reaction to plowshare design. Agricultural Engineering, v.39, p.336-339, 1958.
6. REICHARDT, K. Dinâmica da matéria e da energia em ecossistemas. 2.ed. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1996. 513p.
7. REICHERT, J.M.; VEIGA, M.; CABEDA, M.S.V. Selamento superficial e infiltração de água em solos do Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.16, n.3, p.289-298, 1992.
8. SRIVASTAVA, A. K.; GOERING, C. E.; ROHRBACH, R. P. Engineering principles of agricultural machines. Michigan: American Society of Agricultural Engineers - ASAE, 1993. 602 p.