

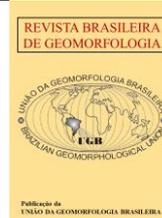


<https://rbgeomorfologia.org.br/>  
ISSN 2236-5664

## Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 24, nº ESPECIAL (2023)

<http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v24i00.2317>



Artigo de Pesquisa

# Técnicas de manejo voltadas à recuperação de áreas degradadas por erosão: Análise de 15 anos de estudos na voçoroca da Fazenda Experimental do Campus Glória-UFU

*Management techniques aimed at recovering areas degraded by erosion: Analysis of 15 years of studies in the gully of the Experimental Farm at Campus Glória-UFU*

Silvio Carlos Rodrigues<sup>1</sup>, Jefferson Gomes Confessor<sup>2</sup> e Juliana Sousa Pereira<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Geografia, Uberlândia, Brasil. E-mail: silgel@ufu.br  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5376-1773>

<sup>2</sup> Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Geografia, Uberlândia, Brasil. E-mail: jgconfessor01@gmail.com  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2337-4884>

<sup>3</sup> Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Geografia, Uberlândia, Brasil. E-mail: julianasousa.geo@hotmail.com  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2797-3315>

Recebido: 07/12/2022; Aceito: 05/04/2023; Publicado: 03/07/2023

**Resumo:** O presente artigo é resultado do acompanhamento da dinâmica natural de evolução e aplicação de experimentos de recuperação de áreas degradadas no interior e entorno de uma voçoroca situada na Fazenda Experimental do Campus Glória, pertencente à Universidade Federal de Uberlândia, em Uberlândia - MG. Esta feição erosiva encontra-se em estágio avançado de evolução, com afloramento do lençol freático, paredes abruptas e cabeceira íngreme. O acompanhamento através de várias pesquisas realizadas na área perfaz um período de 15 anos, com implementação de testes experimentais de recuperação no entorno e interior da forma erosiva, que objetivaram mensurar os resultados das intervenções propostas, seja de caráter físico, edáfico ou biótico. Os estudos demonstraram que a evolução de uma voçoroca é um processo complexo, que no ambiente de clima tropical sazonal, com invernos secos e verões chuvosos, tem íntima correlação com os processos pluviométricos, sendo condicionado pela geometria das vertentes e interação solo-água. Conjuntamente foi observado o intenso papel das atividades antrópicas, que diretamente através de técnicas de manejo geram impactos positivos na recuperação do passivo, ou indiretamente, promovendo sua intensificação por meio de incêndios em regiões adjacentes, que podem interferir negativamente no processo de recuperação, removendo práticas de manejo conservacionistas já adotadas.

**Palavras-chave:** Geomorfologia; Voçoroca; Conservação de solos.

**Abstract:** This article is the result of monitoring the natural dynamics of evolution and application of experiments to recover degraded areas inside and around a gully located at the Experimental Farm of Campus Glória, belonging to the Federal University of Uberlândia, in Uberlândia - MG. This erosive feature is in an advanced stage of evolution, with an outcrop of the water table, steep walls and a steep head. The follow-up through several surveys carried out in the area covers a period of 15 years, with the implementation of experimental tests of recovery in the surroundings and interior of the erosive form, which aimed to measure the results of the proposed interventions, whether physical, edaphic or biotic. The studies showed that the evolution of a gully is a complex process, which in the seasonal tropical climate environment, with dry winters and rainy summers, has a close correlation with the pluviometric processes, being conditioned by the geometry of the slopes and soil-water interaction. At the same time, the intense role of human activities was observed, which directly through management techniques generate positive impacts on the recovery of liabilities, or indirectly, promoting their intensification through fires

in adjacent regions, which can negatively interfere in the recovery process, removing practices of conservationist management already adopted.

**Keywords:** Geomorphology; Gully; Soil conservation.

---

## 1. Introdução

A ocorrência de erosão do solo de forma acelerada é um fenômeno comum nos ambientes de Cerrado, sendo encontrada sobre diversos embasamentos litológicos e formatos de vertentes. Na região do Triângulo Mineiro, as pesquisas sobre erosão em forma de voçorocas ocorrem desde a década de 1980, através dos trabalhos pioneiros de Baccaro (1989, 1990 e 1994) consolidados por Pereira e Rodrigues (2022).

Diversas são as possibilidades de estudo, sejam os processos específicos e/ou formas resultantes da erosão em voçorocas. A procura por respostas sobre a forma de evolução deste tipo de erosão busca associar processos oriundos de diversas origens, tendo enfoque corriqueiro a intensidade de precipitações, o formato das vertentes, a tipologia dos materiais da superfície (solos, regolito, depósitos), as condições hidrodinâmicas superficiais e subsuperficiais e a dinâmica de ocupação do solo, entre outros elementos que podem ser utilizados em tipos específicos de estudo, como indicado por Morgan (2001), Vrieling et al. (2007) e Rodrigues (2018).

As abordagens do problema podem variar entre aquelas que se propõem a realizar monitoramento de situações específicas (NARDIN et al., 2010; SERATO, RODRIGUES, 2010; SILVA, 2010; SILVA, PEREIRA e RODRIGUES, 2011; PEREIRA e RODRIGUES, 2012; MACHADO, 2015; ANDRADE, RODRIGUES, 2016; CONFESSOR, MACHADO e RODRIGUES, 2016), o que implica em mensurações, como exemplo da medição da produção de sedimentos (ALVES, 2007; SERATO e RODRIGUES, 2010; BIULCHI, 2013; PEREIRA JÚNIOR, 2013), acompanhamento com medição do recuo de bordas de voçoroca (LEAL e RODRIGUES, 2011), medição da variação de condições de umidade do solo por tensiometria (CONFESSOR, 2019) ou do nível de lençol freático com uso de piezômetros (ANDRADE e RODRIGUES, 2016). Também podem ser utilizadas técnicas cartográficas para espacializar e acompanhar a evolução de áreas atingidas por voçorocas (PEREIRA, 2012).

Entender, portanto, as questões estruturais, dinâmicas e os resultados da evolução de um processo erosivo, implica em um conjunto de abordagens que necessitam de esforços que se embasam em diferentes técnicas. Uma das maiores dificuldades é o acompanhamento por um período longo, no qual os diversos processos que ocorrem no local podem ser observados em seu desenvolvimento, não sendo necessário recorrer a modelos interpretativos advindos de outros locais.

No caso desta pesquisa, foram acompanhados durante 15 anos de forma ininterrupta uma voçoroca, onde trabalhos foram realizados no local visando a compreensão dos processos, evolução da forma assim como o desenvolvimento e aplicação de medidas de sua recuperação.

Intervenções foram necessárias para estabilizar e recuperar a feição erosiva, visto que áreas degradadas por processos erosivos que apresentam horizonte superficial removido no geral expressam dificuldade de recuperação natural, demandando um período prolongado para sua completa estabilização. Isto ocorre devido a retirada da vegetação, perda de material orgânico, diminuição da fertilidade e redução do banco de sementes (RODRIGUES, MALTONI e CASSIOLATO, 2007).

Neste sentido, o processo de recuperação de áreas degradadas por erosão deve contemplar um conjunto de técnicas capazes de fornecer a estabilidade física do meio assim como ofertar condições básicas de fertilidade para o crescimento vegetativo (SANTANA e NUNES, 2021).

Práticas conservacionistas subdividem-se em três grandes categorias, englobando técnicas de manejo mecânicas, edáficas e vegetativas, as quais atuam em partes específicas do processo erosivo, necessitando na maior parte dos casos o emprego de mais de uma técnica no mesmo local (BERTONI e LOMBARDI NETO, 2008), visto que a conservação do solo é resultante de um complexo de práticas e tarefas que se correlacionam e se completam (RODRIGUES, 2018).

Práticas mecânicas possuem por objetivo principal a formação de condições mínimas necessárias para o estabelecimento de práticas edáficas e vegetativas, referem-se principalmente a operações de transporte de material, movimentação do solo, construção de obras de contenção e dispositivos de drenagem (ANDRADE et al., 2005; MACHADO et al., 2006).

Práticas edáficas geram ambientes para melhor desenvolvimento das práticas vegetativas, sendo definidas por um conjunto de técnicas empregadas com intuito de promover a melhoria dos atributos químicos e físicos dos solos, aumentando sua fertilidade e drenagem através da aplicação de adubação verde, eliminação e controle do fogo, calagem, adubação química e orgânica (NOGUEIRA et al., 2012).

Práticas vegetativas objetivam gerar a proteção do solo através do uso da vegetação, utilizando-se do plantio de espécies selecionadas a fim de se ter a reestruturação da vegetação anteriormente ocorrente, porém, não sendo possível a inserção de imediato de tais espécies, outras com melhor aptidão e/ou disponibilidade são aplicadas para amenizar e/ou corrigir a problemática (MARQUES et al., 2020).

Na área em recuperação, foram empregadas de maneira gradativa ao longo dos 15 anos de estudo técnicas conservacionistas, sendo implementadas em uma sequência na qual a ordem de cada procedimento objetivou amparar as demais técnicas subsequentes à sua implantação, cada qual empregada com intuito de mitigar de forma personalizada as demandas específicas dos processos existentes, estabelecendo um complexo de ações pontuais que atuaram de forma conjunta para controle da erosão.

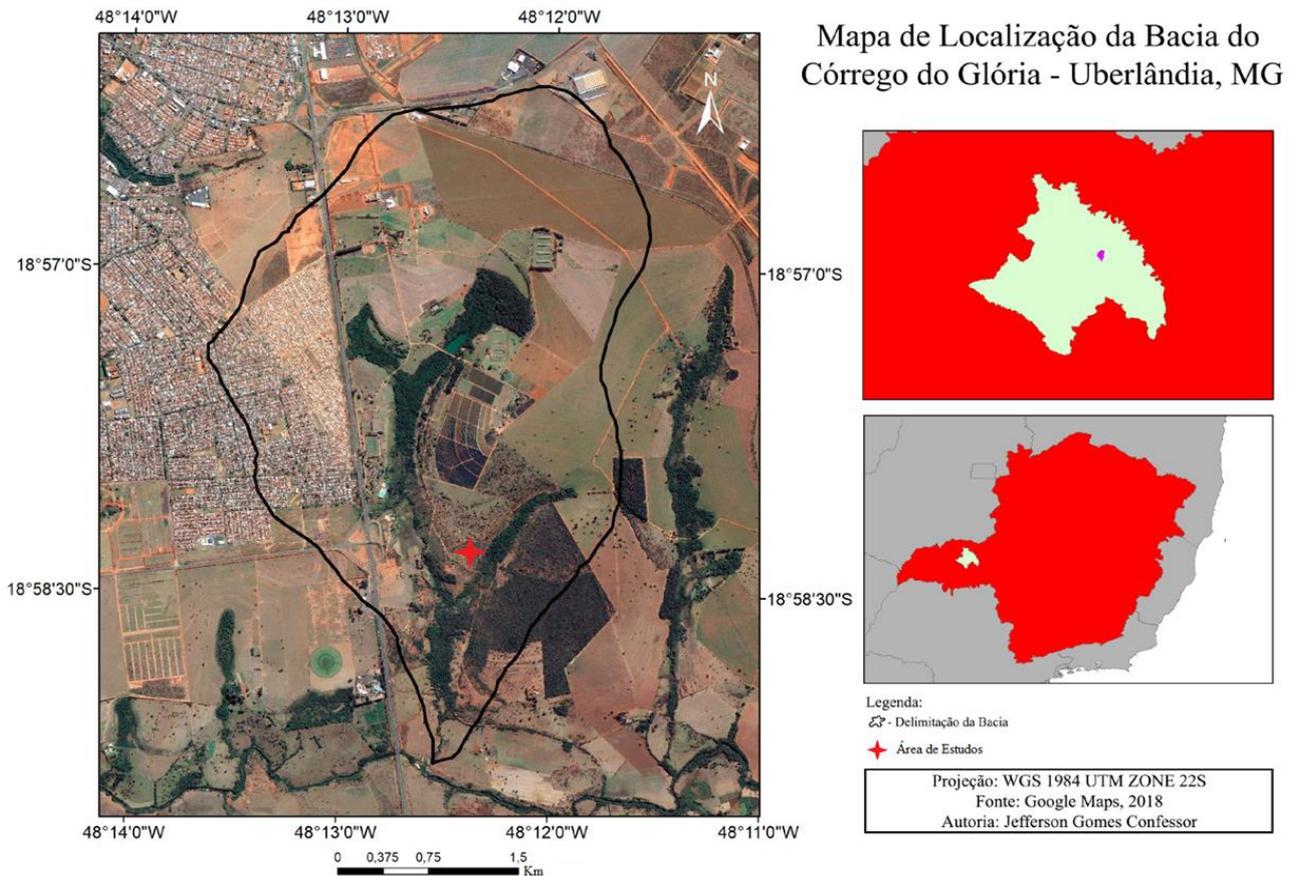
Neste sentido, o presente artigo pretende apresentar um retrospecto dos estudos realizados em uma voçoroca localizada na Fazenda Experimental do Glória (Uberlândia/MG), demonstrando os aspectos relativos à sua recuperação, exibindo os resultados dos procedimentos científicos realizados na área.

## 2. Área de Estudo

O objeto de estudo deste trabalho caracteriza-se por uma área degradada por erosão composta por uma voçoroca e seu entorno. Localiza-se no município de Uberlândia (MG), situada à margem direita do Córrego do Glória, tendo como posição central as coordenadas geográficas de 18° 58'19" S e 48° 12'31" O, situado no Planalto Conservado do Triângulo Mineiro (RODRIGUES, AUGUSTIN e NAZAR, 2023) a uma altitude que varia entre 830 e 860 metros acima do nível do mar (Figura 1).

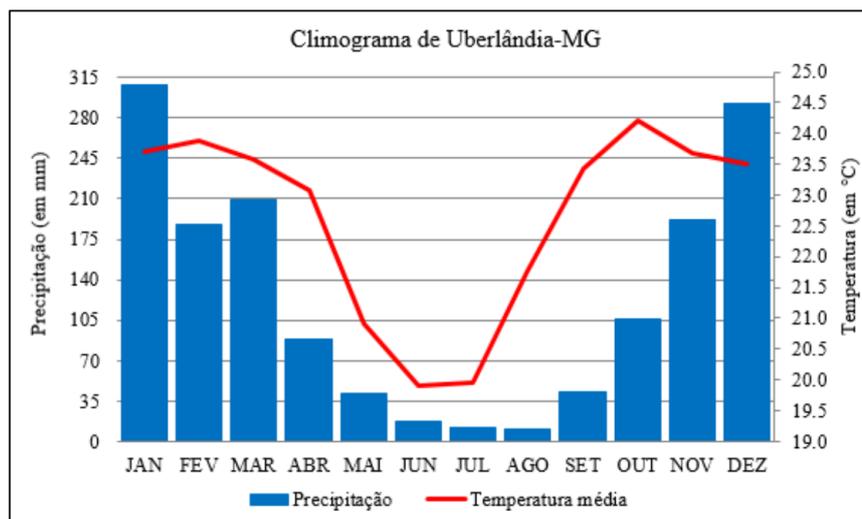
A litologia aflorante no local é composta na base por basalto (Formação Serra Geral) que aflora no fundo do canal do córrego do Glória e na foz da voçoroca, recoberto por sedimentos cascalho-arenosos da Formação Marília e um regolito, com textura franco-arenosa, resultante da alteração de arenitos e com presença de materiais colúviais (RODRIGUES, 2002).

Segundo Silva (2010) os solos são descritos como Latossolos na parte superior da encosta e Neossolos próximo ao fundo do vale. No local de ocorrência do processo erosivo, apresenta Latossolo típico, com textura franco-arenosa, do qual está aflorado na superfície o horizonte Bw, exposto pelas atividades de retirada de cascalho. As vertentes predominantes desenvolvem perfil convexo-côncavas com inclinação média de cerca de 5%.



**Figura 1.** Mapa de localização da bacia do Córrego do Glória - Uberlândia, MG. Fonte: Confessor (2019).

O clima é caracterizado por duas estações bem definidas, com outono/inverno seco (maio a setembro) e primavera/verão chuvoso (outubro a abril), exibindo precipitação e temperatura média anual de 1507 mm e 22,6° (Figura 2), controlados por massas de ar continentais e atlânticas (VRIELING et al., 2007; PETRUCCI e OLIVEIRA, 2019).



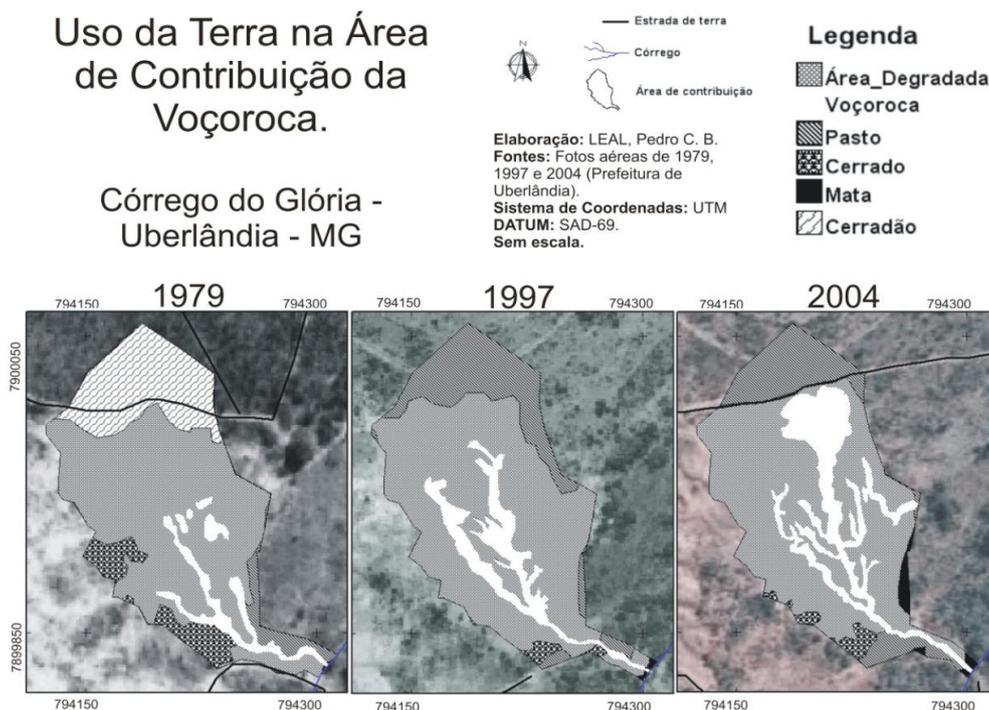
**Figura 2.** Climograma da cidade de Uberlândia-MG, valores médios de temperatura média e precipitação de 1981 a 2015. Fonte: Petrucci e Oliveira, 2019.

Nos anos de 1960/70 a área de aproximadamente 6,5 hectares foi utilizada para extração do cascalho, sendo removidos a cobertura natural e o solo superficial, deixando material arenoso exposto, friável, com baixo nível de agregação, compactado superficialmente, distrófico, com baixos teores de matéria orgânica e capacidade reduzida de infiltração de água (SILVA, 2010), (Tabela 1).

**Tabela 1.** Características químicas, físicas e texturais do solo da área de estudo. Fonte: (Silva, 2010).

Densidade Total		Densidade de Partículas				Porosidade		Areia	Silte	Argila	
		g.cm <sup>-3</sup>				%			g.kg <sup>-1</sup>		
1.49		2.67				44,07		886	19.5	94.5	
Propriedades químicas do solo											
pH	P	K	Ca	Mg	Al	SB	t	T	V	m	M.O
H <sub>2</sub> O	Mg.dm <sup>-3</sup>			Cmolc.dm <sup>-3</sup>					%	g.kg <sup>-1</sup>	
4.9	4.2	0.02	0.25	0.1	0.5	0,37	0.87	1,5	25	55	5

Após a extração do cascalho, a área foi abandonada sem o manejo correto, ampliando sua degradação através da erosão hídrica (Figura 3), gerando a perda de materiais através da ocorrência de processos erosivos laminares e lineares. Destaca-se pelo desenvolvimento de uma feição erosiva do tipo voçoroca, com aproximadamente 190 metros de comprimento com profundidade média de 5 metros.



**Figura 3.** Evolução dos processos erosivos lineares ao longo do tempo na área de estudo. Fonte: Leal e Rodrigues (2011).

Ao identificar características do processo de erosão na área do estudo, Bezerra, Guerra e Rodrigues (2012), relataram que quando ravinas e voçorocas atingem as camadas de arenito da Formação Marília, há uma progressão e expansão das paredes laterais, com conseqüente expansão lateral das voçorocas, mas que não reflete em maior

aprofundamento do fundo da feição. Outra implicação desse arranjo litológico é a ocorrência de exfiltração de água nas diferentes camadas do solo, devido ao fato destas paredes atingirem níveis confinados do aquífero livre, geralmente ocorrente acima de camadas de conglomerado laterítico.

### 3. Materiais e Métodos

Os estudos direcionados à recuperação da voçoroca iniciaram-se a partir do ano de 2006. As práticas adotadas foram empregadas de forma sequencial ao longo do tempo (Tabela 2). Caracterizam-se como produtos de diversos trabalhos de cunho científico, elaborados na intenção de compreender os processos ocorrentes assim como desenvolver técnicas de manejo de baixo custo voltadas à sua mitigação.

**Tabela 2.** Procedimentos operacionais adotados ao longo de 15 anos na área da voçoroca da Fazenda Experimental do Campus Glória UFU.

Tipo de Prática	Tipo de Abordagem	Setor da Voçoroca	Resultados Publicados
Mecânica	Terraceamento em curva de nível e <i>mulching</i> vertical	Externo	Silva (2010)
	Isolamento e proteção contra o fogo		
	Barreira com troncos no canal principal	Interno	Pereira Junior (2013)
	Paliçadas de bambu no leito seco (ramificações)		Silva (2010)
	Barreiras de solo ensacado		Nardin et al (2010) Serato e Rodrigues. (2010)
	Suavização de taludes Drenos		Machado (2015) Confessor, Machado e Rodrigues (2016)
Edáfica	Calagem e Adubação Química	Interno	Silva, Pereira e Rodrigues (2011) Machado, Confessor e Rodrigues, 2014
	Esterco		Machado, Confessor e Rodrigues, 2014
Vegetativa	Plantio de Espécies Arbóreas no Entorno	Externo	Pereira e Rodrigues, 2012
	Plantio de leguminosas	Interno	Silva (2010) Machado, Confessor e Rodrigues (2016)
	Plantio de barreiras no leito seco (cerca viva)		Biulchi (2013)
	Plantio de Mix de sementes		Machado (2015); Machado, Confessor e Rodrigues (2014)
	Irrigação		Confessor, Machado e Rodrigues (2016)
	Incorporação de banco de sementes através do uso de esterco bovino		Machado (2015)

Fonte: Autores (2022).

As práticas mecânicas, edáficas e vegetativas foram desenvolvidas e empregadas em diferentes setores da erosão, com objetivo de retenção e desvio de fluxos superficiais e subsuperficiais, estabilização dos taludes, suavização do micro relevo, retenção de sedimentos, melhoria da qualidade do solo assim como revegetação do local.

#### 4. Resultados

Os resultados encontrados são derivados de experimentos realizados em escala reduzida, ou seja, as técnicas não foram implantadas em toda a área degradada e não foram superpostas temporalmente. Possíveis interações e sinergias podem ocorrer em função da posição no terreno e eventualmente por intenção de que um procedimento pudesse ajudar outro em sua evolução. A apresentação dos resultados apesar de poder envolver mais de uma técnica, está apresentada pela mais dominante.

##### 4.1 Práticas Mecânicas

###### 4.1.1 Isolamento da área

Antes da adoção de outras técnicas, o perímetro da área afetada pelo processo erosivo foi isolado através da construção de cercas de arame, com finalidade de evitar o trânsito de animais (bovinos e equinos) no interior e proximidades da feição erosiva. A presença destes animais reduz as chances de sucesso de outras medidas adotadas na área a ser recuperada, visto que os animais promovem o pastoreio e pisoteio de práticas de conservação, prejudicando seu pleno funcionamento e até inibindo sua eficácia.

###### 4.1.2 Proteção contra o fogo

Por apresentar sazonalidade pluviométrica ao longo do ano (verão chuvoso e inverno seco) o ambiente de cerrado é acometido regularmente pela ação do fogo no período de baixa umidade. A ação do fogo promove a destruição de medidas já adotadas, consumindo equipamentos, materiais e a vegetação, removendo a proteção do solo e expondo-o à ação de futuras precipitações, podendo contribuir para o aumento da erosão.

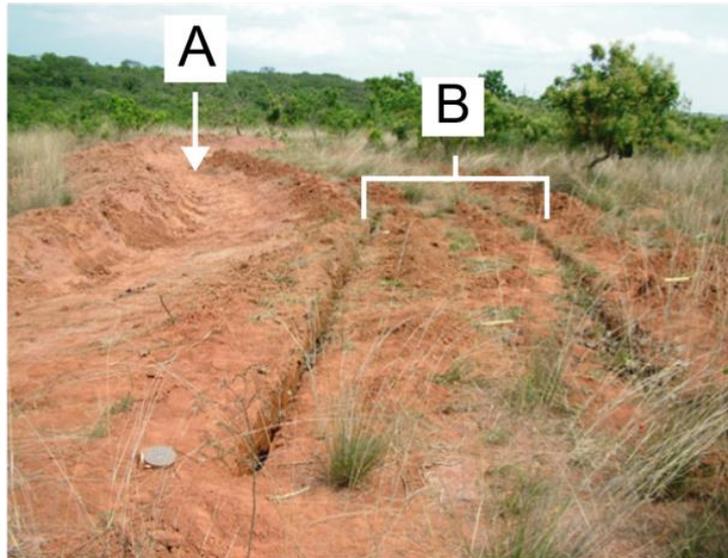
Para evitar a propagação de incêndios no interior da área em recuperação, e por consequência a perda das práticas implantadas, um aceiro foi realizado ao longo de toda área cercada. Utilizando-se de uma grade de arado, uma faixa de solo de 3 metros de largura foi revolvida ao longo de todo perímetro cercado, soterrando a vegetação rasteira composta principalmente por gramíneas, gerando uma faixa de solo exposto que atua como obstáculo para o transpasse do fogo advindo de outras regiões até o interior da área protegida.

###### 4.1.3 Controle de fluxos superficiais provenientes de vertente a montante

Para impedir que fluxos superficiais de água advindos de áreas da vertente a montante continuassem adentrando a incisão erosiva e contribuindo para seu aumento, dispositivos de recondução, armazenagem e diminuição da cinética dos fluxos superficiais foram criados no entorno da área afetada pelo processo erosivo.

Terraços em nível do tipo base estreita foram erguidos ao longo da vertente com a finalidade de promoverem a retenção dos fluxos superficiais oriundos de eventos de precipitação (SILVA, 2010), assim como gerar o armazenando da água ao longo de sua estrutura, permitindo sua posterior infiltração.

Próximo às bordas da feição erosiva, *mulchings* verticais foram confeccionados com propósito de atuarem como áreas receptoras dos volumes remanescentes de escoamento superficial que ainda poderiam adentrar na feição erosiva (Figura 4), produzindo um ambiente com alta permeabilidade, facilitando a infiltração da água ao longo do perfil do solo.



**Figura 4.** Práticas mecânicas: Terraceamento em nível (A); *Mulchings* verticais (B). Fonte: Adaptado de Silva (2010).

Por atuarem na retenção da água, a umidade do solo na faixa dos *mulchings* manteve-se mais elevada que a apresentada em áreas de seu entorno (Tabela 3), facilitando o crescimento da vegetação e conservando as plantas mais verdes ao longo do tempo, fato ocorrente mesmo em períodos de estiagem (SILVA, 2010).

**Tabela 3.** Comparação umidade do solo em manejo conservacionista. Fonte: Adaptado de Silva (2010).

Profundidade (cm)	Amostra	Umidade do solo (%)
20	Testemunha	4,2
40	Testemunha	6,9
20	Mulching	8,9
40	Mulching	8,1

A vegetação presente na calha dos *mulchings* também passou a atuar como barreira física para retenção dos fluxos superficiais de água (SILVA, 2010), formando “cordões” de vegetação com capacidade de diminuir a cinética dos fluxos, contribuindo para o aumento dos volumes de água infiltrada.

#### 4.1.4 Barreiras para contenção de sedimentos nos canais internos da voçoroca

A evolução da incisão erosiva produziu uma feição composta por um canal principal o qual conecta-se a estes canais radiais secundários. Os canais secundários exibem durante o período entre chuvas da região o leito seco, passando a exibir solos úmidos em sua calha nos períodos de chuvas frequentes, porém, não havendo a exfiltração de água a ponto de promover a formação de água corrente.

Diferente disso, o canal principal da voçoroca atingiu o nível freático, produzindo ao longo de sua extensão um canal de água corrente perene e límpida, abastecido pelo fluxo de base do lençol freático suspenso. Apesar de

constante, o fluxo de água não apresenta grande capacidade de remoção de materiais do interior da feição erosiva, sendo este fato ocorrente em períodos de chuva intensa (ALVES, 2007).

Os dispositivos de retenção de água instalados nas partes superiores e laterais da voçoroca corroboraram para a remoção dos fluxos superficiais externos de água que poderiam adentrar na feição erosiva. Entretanto, a grande extensão da própria erosão produziu uma ampla superfície de captação da água, que sob eventos pluviométricos, contribui para o incremento dos volumes de água já existentes nos canais internos, aumentando o volume e a cinética dos fluxos de maneira a elevar a capacidade de remoção de materiais provenientes da própria feição e/ou de possíveis práticas conservacionistas.

Para reduzir a cinética dos fluxos, reter materiais erodidos e gerar ambientes com menor declividade, foram construídas barreiras de contenção de sedimentos ao longo da extensão do canal principal e secundários (SILVA, 2010; SERATO e RODRIGUES, 2010; PEREIRA JUNIOR, 2013).

As barreiras foram confeccionadas utilizando-se de diferentes tipos de materiais. Nos canais secundários foram construídas barreiras de bambus e barreiras de solo ensacado, já no canal principal foram erguidas barreiras de troncos de eucalipto tratado e de bambus. Para auxiliar na retenção dos materiais, sacos de rafia foram fixados junto às barreiras de troncos e de bambus, gerando uma barreira permeável, com capacidade de passagem da água e retenção do material erodido (Figura 5).



**Figura 5.** Barreiras de retenção de sedimentos: (A) Barreira estruturada em hastes de bambu; (B) fixação de sacos de rafia; (C) Barreira de eucalipto com retenção de sedimentos; (D) Barreira de solo ensacado. Fonte: Adaptado de Silva (2010); Serato e Rodrigues (2010) e Pereira Junior (2013).

Nos canais secundários, as barreiras de bambu mostraram-se eficientes na contenção da água e na retenção dos sedimentos (5A). Foi observado para estações chuvosas o acúmulo de água em sua base, ocorrendo a infiltração assim como evaporação dos volumes retidos, ocorrendo de forma concomitante a deposição dos sedimentos (Figura 5B).

Mesmo após eventos chuvosos intensos ocorridos na área de estudo, principalmente durante o verão, percebeu-se que a ação erosiva da água, apesar de ainda carregar partículas do solo, a montante das barreiras houve a permanência de grande parte dos sedimentos erodidos, permitindo a criação de condições básicas de estabilidade inicial ao crescimento de espécies vegetais (SILVA, 2010).



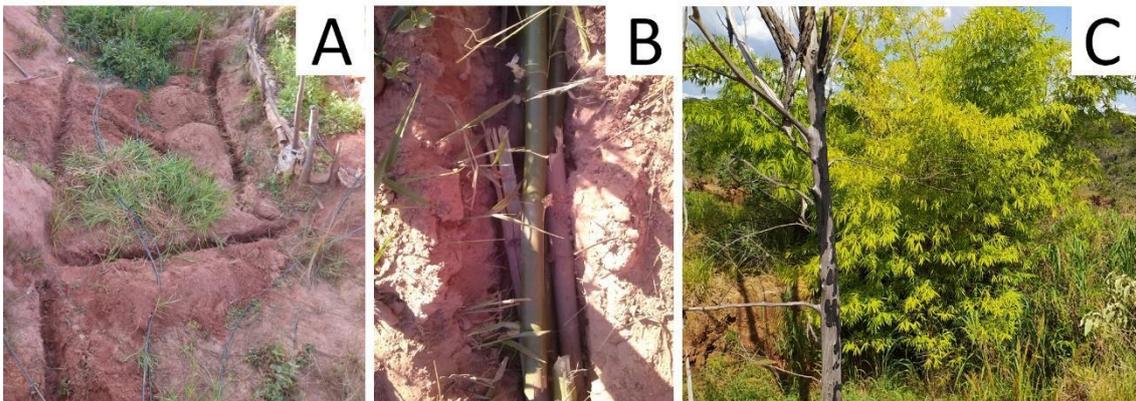
#### 4.1.5 Criação de biodrenos para infiltração de fluxos superficiais

O escoamento superficial presente dentro de processos erosivos tem a capacidade de remover eventuais práticas conservacionistas instaladas, neste sentido, visando prevenir eventuais danos ocasionados pela ação dos fluxos superficiais a criação de drenos subsuperficiais se tornam uma alternativa para captação e incorporação da água ao solo.

Biodrenos foram construídos em áreas do interior da feição erosiva por meio da criação de valetas de escoamento em locais onde os fluxos superficiais oriundos de eventos pluviométricos se mostraram mais intensos (MACHADO, CONFESSOR e RODRIGUES, 2014). As valetas foram preenchidas com hastes de bambus e materiais de textura grosseira (cascalhos) (Figura 7), produzindo canais subsuperficiais preferenciais para o escoamento da água.

Além de prevenir a ocorrência de fluxos superficiais, os drenos permitem incorporar ao solo a água que escoaria superficialmente para fora da feição erosiva, aumentando a umidade local e ofertando por um período maior de tempo a disponibilidade de água para as plantas.

Não foram removidas as gemas de crescimento das hastes de bambus. Deste modo, houve a germinação e crescimento de uma touceira de bambus dentro do canal da voçoroca, a qual auxiliou no incremento da diversidade vegetativa do local, atuando como barreira física contra o fluxo superficial, aumentando a cobertura vegetal, produzindo sombreamento e auxiliando na estruturação do solo por meio de suas raízes.

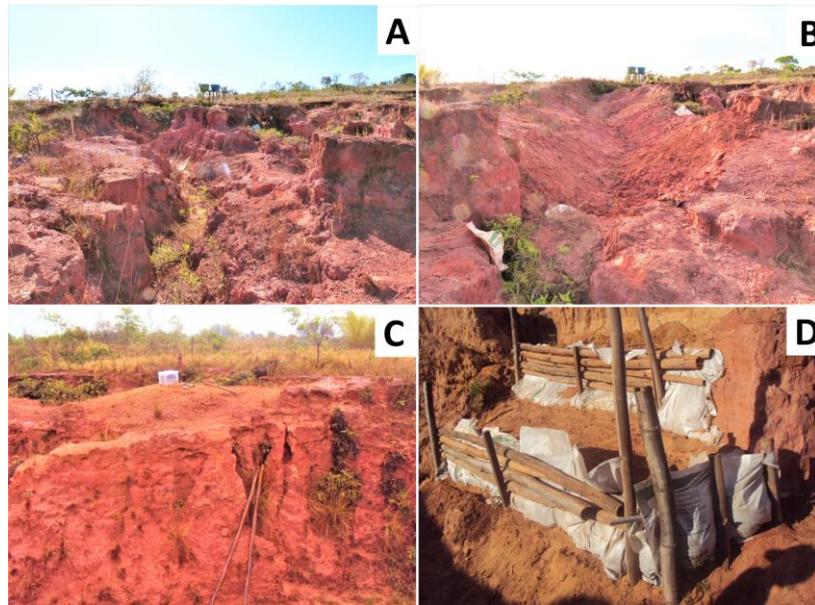


**Figura 7.** Drenagem subsuperficial do escoamento superficial. (A) Abertura de canais de drenagem subsuperficial no leito da feição erosiva. (B) Adição de cascalhos e hastes de bambus; (C) Touceira de bambu germinada a partir de hastes de bambu inseridas nos canais de drenagem. Fonte: Autores (2022).

#### 4.1.6 Retaludamento de bordas de feições erosivas

Feições erosivas que apresentam taludes íngremes inviabilizam a propagação da vegetação, não oferecendo suporte necessário para fixação das plantas. Os taludes instáveis também dificultam o processo de crescimento da vegetação, desprendendo eventuais plantas que se fixam em suas bordas e as soterrando.

Com finalidade de ofertar melhores condições de suporte, o retrabalhamento do micro relevo se faz interessante. Neste sentido, duas práticas mecânicas de retaludamento foram realizadas, sendo uma visualizada na forma da criação de patamares, elaborados na forma de terraços escorados por hastes de bambus e outra por meio da reestruturação dos taludes (Figura 8), de maneira a apresentarem inclinação mínima necessária para fixação da vegetação (MACHADO, CONFESSOR e RODRIGUES, 2014).



**Figura 8.** Reestruturação dos taludes da voçoroca. Canal original (A); Retaludamento do canal (B); Talude vertical (C); Retaludamento em patamares de bambus (D). Fonte: Autores (2022).

Ambas as configurações refletiram em melhores condições para propagação da vegetação, fornecendo ambientes mais planos e com menor sombreamento. Dentre as duas técnicas adotadas, a criação de patamares se mostrou menos interessante quando comparada a reestruturação, visto que demandou mais trabalho e maior quantidade de material para sua confecção, além disso, os bambus utilizados em sua estruturação com o tempo entrarão naturalmente em decomposição, podendo haver a necessidade de eventuais manutenções caso existam danos ao desenvolvimento das plantas instaladas.

A suavização do declive dos taludes gerou condições mais favoráveis à fixação da vegetação, de maneira a permitir a propagação das plantas ao longo da incisão erosiva, seja em sua calha, talude e parte superior, formando um denso e homogêneo manto vegetativo com capacidade de promover maior proteção ao solo (MACHADO, 2015).

## 4.2 Práticas Vegetativas

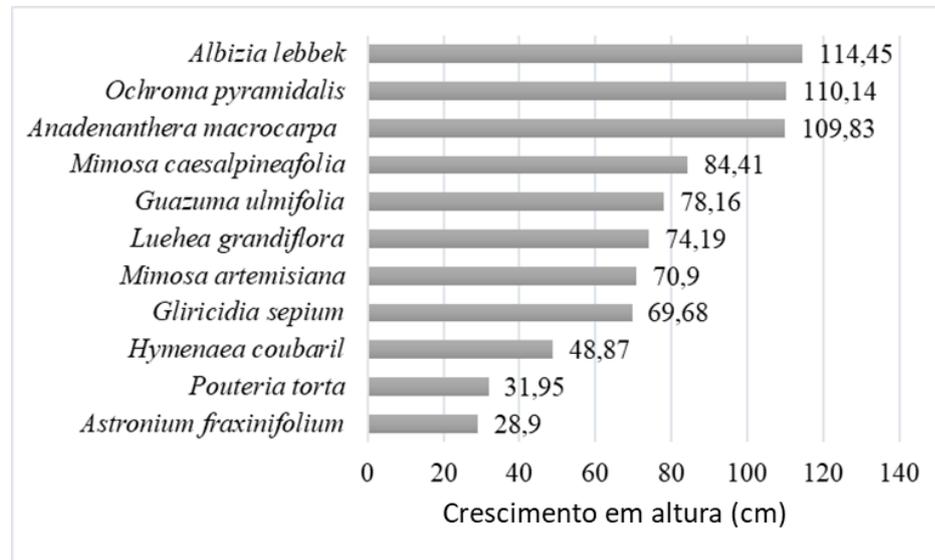
### 4.2.1 Revegetação da área de entorno do processo erosivo

Para gerar a estruturação do solo, aumentar sua proteção frente a eventos de pluviosidade e reduzir a formação de fluxos superficiais que poderiam adentrar a feição erosiva, realizou-se o plantio de espécies arbóreas nas áreas de entorno da erosão, sendo selecionado um conjunto de espécies nativas e exóticas para o plantio de mudas.

O modelo adotado visou acelerar os processos naturais de recomposição da vegetação, sendo utilizadas espécies pioneiras, secundárias e climácicas (PEREIRA e RODRIGUES, 2012), com características que poderiam ofertar a proteção do solo assim como o melhoramento de suas condições edáficas, como utilização de espécies de leguminosas.

Antes de implantar qualquer prática vegetativa, realizou-se previamente o controle de populações de formigas cortadeiras, visto que geram a predação das plântulas recém estabelecidas. Após controle inicial, doses de manutenção ainda foram utilizadas, pois, eventualmente ocorreram ataques subsequentes às plantas.

Após plantio, as espécies selecionadas apresentaram crescimento distinto (Figura 9), porém satisfatório, muito ligado aos hábitos de desenvolvimento inerentes a cada espécie, expondo relações de crescimento associadas a adubação de plantio e de manejo, revelando o potencial destas espécies para serem utilizadas na sucessão ecológica de áreas degradadas no Cerrado (SILVA, PEREIRA e RODRIGUES, 2011).



**Figura 9.** Valores de crescimento das espécies selecionadas após 18 meses de plantio. Fonte: Pereira e Rodrigues (2012).

Além do estabelecimento das espécies utilizadas no plantio, também foi observado o crescimento de outras plantas, as quais se aproveitaram do isolamento da área e da adubação (PEREIRA e RODRIGUES, 2012), gerando um incremento na diversidade, beneficiando a reestruturação da vegetação e as relações ecossistêmicas do local.

Considerando a evolução das espécies pertinente ao estágio sucessional, observou-se que os valores são relativamente maiores entre as pioneiras, evidenciando a sua aptidão em promover o sombreamento necessário para o crescimento das outras espécies, bem como possibilitar uma melhor cobertura do terreno, essencial para a proteção dos solos (PEREIRA e RODRIGUES, 2012; PEREIRA et al., 2012).

Dentre as espécies pioneiras a maior altura média foi obtida pela *Albizia lebbek*, *Ochroma pyramidalis* e *Anadenanthera macrocarpa* com valores superiores a 100 cm. Embora seja indicada para revegetação de áreas degradadas, a *Astronium fraxinifolium* obteve o menor crescimento (28,8 cm), não demonstrando boa adaptabilidade às condições locais. No grupo das climácicas a *Luehea grandiflora* obteve 74,19 cm, sobressaindo-se em relação às outras espécies do grupo ecológico a qual é pertencente (PEREIRA e RODRIGUES, 2012; PEREIRA et al., 2012).

Neste sentido, mesmo algumas espécies não apresentando bom desempenho de crescimento, o plantio de diferentes tipos de espécies ampliou as chances de sucesso, englobando plantas com distintas demandas e hábitos de crescimento, de maneira a revelar espécies com melhor aptidão para as condições edafoclimáticas locais.

#### 4.2.2 Revegetação das bordas do processo erosivo

A revegetação das bordas do processo erosivos demandou a seleção de espécies distintas das áreas de entorno, visto que o solo do local apresentou baixa fertilidade e estrutura fraca, onde as bordas dos taludes demonstram-se

íngremes e colapsáveis, sendo constatados em alguns trechos taludes com gradientes de inclinação negativa, visualizados na forma de alcovas de regressão.

O plantio de espécies arbóreas nestes locais poderia gerar maior pressão sobre o solo inconsolidado, o qual não oferece suporte necessário para plantas de maior peso e estatura. Neste sentido, foram implementadas no local duas espécies de leguminosas com intuito de gerar a proteção do solo assim como incrementar sua fertilidade, sendo uma trepadeira volúvel (Java - *macrotyloma axillare*) e uma forrageira (Amendoim Forrageiro - *Arachis pintoipara*).

Dentre as espécies selecionadas, a *M. axillare* apresentou maior estabelecimento e desenvolvimento (SILVA et al., 2009) (Tabela 4), expondo alta taxa de cobertura e rápida deposição de resíduos orgânicos, recobrando o solo e taludes, produzindo uma densa camada protetora frente à ação das gotas de chuva. Além disso, a cobertura gerada pelas plantas proporcionou o sombreamento do solo, produzindo um incremento de umidade que permitiu o surgimento de outras espécies vegetais de ocorrência do local (SILVA, 2010).

**Tabela 4.** Crescimento vegetal aos 120 dias pós plantio de plantas inseridas no canal da voçoroca. Fonte: Adaptado de Silva (2010).

Espécie	Medidas (cm)	30 dias	120 dias
<i>Macrotyloma axillare</i>	Diâmetro de caule	1,4	2,5
	Altura de planta	13,1	74,0
<i>Arachis pintoii</i>	Diâmetro de caule	0,1	3,1
	Altura de planta	14,1	28,1

Durante o estudo ocorreram desmoronamentos das paredes de alguns canais erosivos, porém, as plantas já estabelecidas conseguiram barrar grande parte dos sedimentos carregados, e posteriormente desenvolveram-se por cima destes, funcionando como barreiras vivas (SILVA et al., 2010).

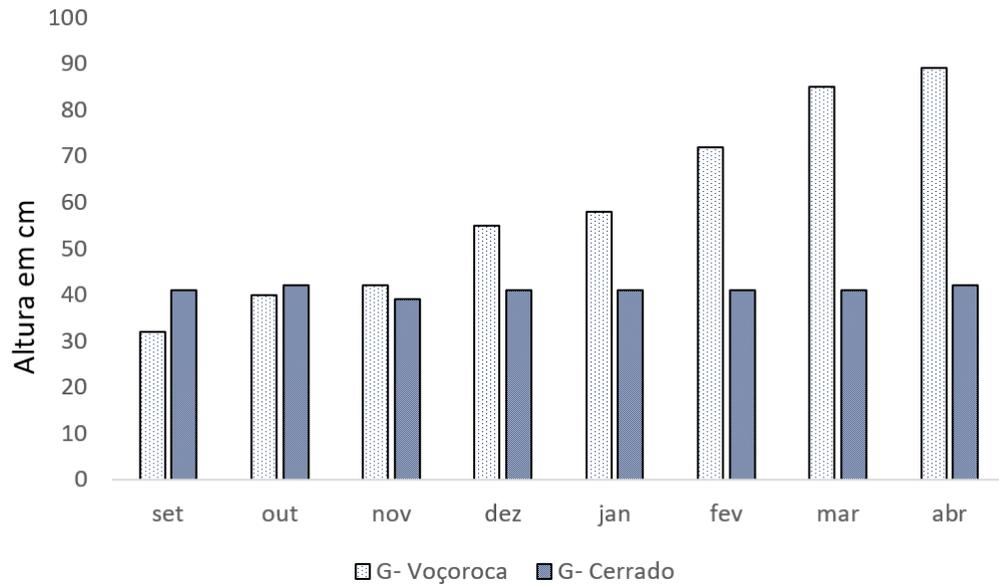
#### 4.2.3 Revegetação parte interna do processo erosivo

##### 4.2.3.1 Revegetação na forma de biobarreiras

Visando gerar a proteção do solo e reduzir a cinética dos fluxos atuantes no interior da feição erosiva, foram plantados ao longo de seus canais, em áreas de lençol aflorante e não aflorante mudas de leguminosas de *Gliricidia sepium*. O plantio ocorreu de três formas distintas, como comparativo mudas foram plantadas em ambiente de cerrado fora da voçoroca, e dois tratamentos no interior dos canais da feição erosiva, sendo um plantio linear em consórcio com barreiras de estacas de bambus, e outro pontualmente, com plantas dispersas ao longo dos canais (Figura 10).

O uso integrado de elementos vivos e elementos inertes visaram minimizar os custos de recuperação da área degradada pelo processo erosivo, além de fomentar a ocorrência de processos ecológicos gerados a partir da presença das plantas (DURLO e SUTILI, 2005; SUTILI, 2007).

O desenvolvimento das plantas no interior dos canais alcançou desempenho superior às plantas inseridas em ambiente externo. A umidade maior do solo no interior dos canais auxiliou o desenvolvimento das plantas, não limitando seu crescimento no período de entre chuvas de região, exibindo taxas de sucesso de implantação das mudas de 100%.



**Figura 10.** Crescimento vegetativo de *Gliricidia sepium* plantada em diferentes ambientes. Fonte: Adaptado de BIULCHI, 2012.

Além de produzir o travamento, sombreamento e proteção do solo, o plantio em consórcio com barreiras de bambus também auxiliou na retenção dos sedimentos carregados pelo fluxo superficial, mantendo parte do material erodido dentro da própria feição erosiva, gerando patamares de sedimentação (BIULCHI, 2013). As barreiras também atuaram na manutenção da umidade do solo por um período mais prolongado de tempo, oferecendo maior disponibilidade de água para o desenvolvimento das plantas ao longo de suas estruturas, incrementando a possibilidade de sucesso de outras práticas vegetativas.

Em ambos os tratamentos, as plantas apresentaram boa capacidade de estabelecimento em solos degradados por erosão, tolerando por curtos períodos o encharcamento das áreas de seu crescimento, exibindo desenvolvimento ao longo de todo ano, seja no período de chuvas assim como no de entre chuvas da região (BIULCHI, 2012).

#### 4.2.3.2 Revegetação por meio do uso de mix de sementes

Ambientes degradados por erosão no geral exibem baixas condições de suporte à vegetação quando comparado a áreas de seu entorno. Isto ocorre, pois as incisões erosivas geradas no terreno não refletem apenas na perda de solo, mas também na perda das condições edáficas de suporte à vegetação.

Áreas inseridas dentro de processos erosivos, no geral exibem solos com pouca estrutura e baixa fertilidade, revelando-se como ambientes diferentes das áreas de seu entorno, dificultando a colonização por vegetação nativa. Neste sentido, incorporar nestes locais plantas mais adaptadas e com características de melhoramento das condições edáficas destes solos se torna interessante, gerando a possibilidade de que em momentos futuros ocorra a sucessão pela vegetação nativa.

Para tal, um mix de sementes de espécies selecionadas à melhoria edáfica e proteção dos solos do interior da feição erosiva foi utilizado. Optou-se pela escolha de espécies com alta tolerância à seca, baixa necessidade de boa fertilidade do solo e capacidade de fixação de nitrogênio, sendo selecionadas espécies com distintos hábitos de crescimento, de maneira a fomentar a proteção do solo frente à ação erosiva das chuvas por meio da ação de

diferentes sistemas radiculares e estratos arbustivos (MACHADO, CONFESSOR e RODRIGUES, 2014; CONFESSOR, MACHADO e RODRIGUES, 2016).

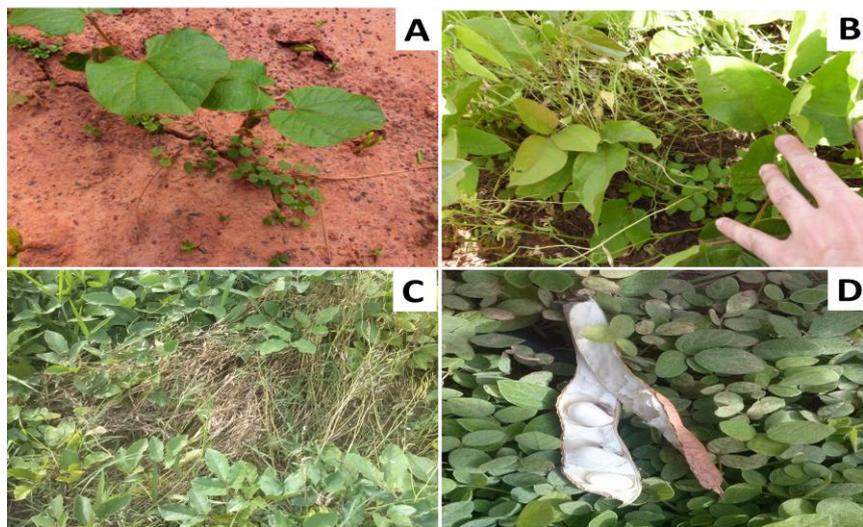
Visando ocorrência da sucessão, todas espécies selecionadas exibiram ciclo de vida anual. Para o recobrimento do assoalho da feição erosiva foram utilizadas as espécies: Calopogônio (*Calopogonium mucunoides*), Feijão de Porco (*Canavalia ensiformis*) e Nabo Forrageiro (*Raphanus sativus*), e para recobrimento dos íngremes taludes uma espécie de trepadeira, Mucuna Preta (*Mucuna aterrima*).

Para plantio, realizou-se a descompactação, calagem, adubação mineral e orgânica, sendo as sementes incorporadas ao solo de maneira conjunta, em linhas de plantio em nível. Foram visualizados os benefícios da escolha das espécies com diferentes hábitos de crescimento em todas as fases de crescimento das plantas.

Na fase inicial, uma crosta de aproximadamente 3 mm solo selado dificultou a germinação de pequenas sementes plantadas, consolidando-se como uma barreira física. Sementes de feijão de porco presentes no mix auxiliaram no rompimento dessa camada, visto que possuem maior vigor de crescimento devido suas dimensões (> 1 cm), gerando no processo de germinação rachaduras na camada selada, as quais permitiram a germinação de espécies de sementes com dimensões menores (Figura 11A).

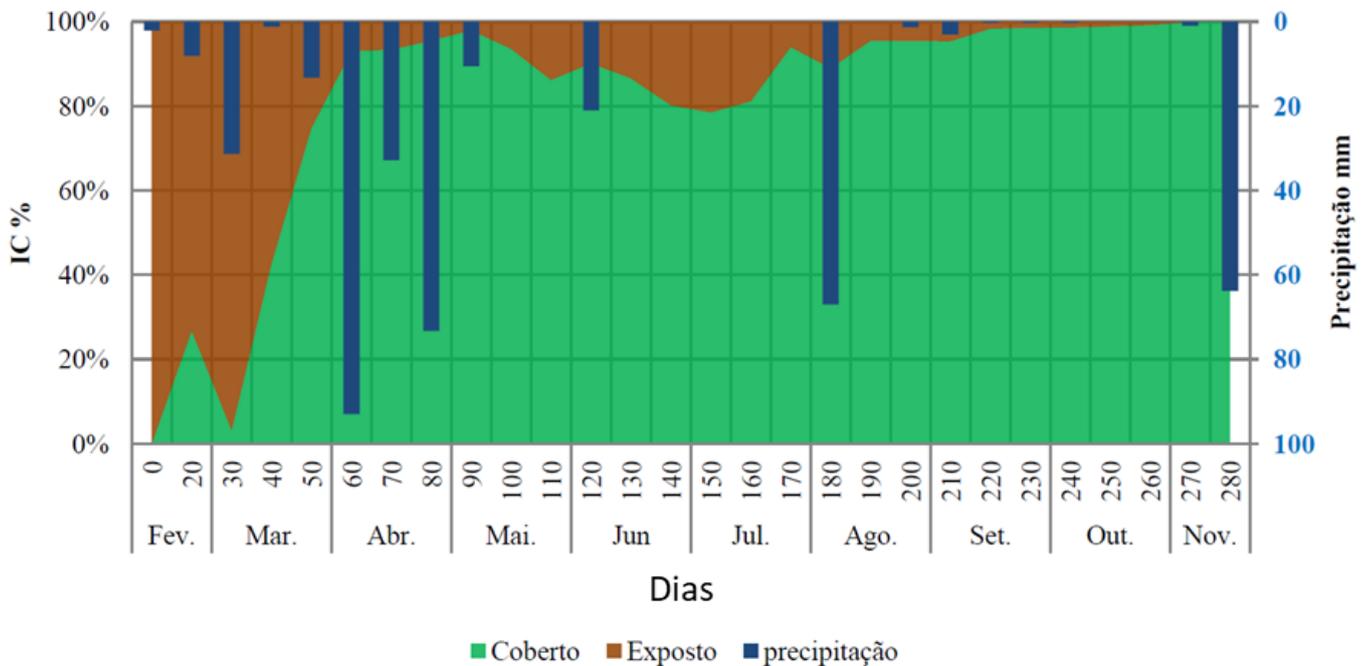
Os diferentes estratos arbustivos produzidos pelo desenvolvimento das espécies selecionadas garantiram o sombreamento às plantas com hábitos de crescimento mais lento, possibilitando sua fixação (Figura 11B). A composição heterogênea do mix vegetativo assegurou a proteção do solo mesmo com o encerramento de ciclo e senescência de plantas acometidas por pragas e/ou doenças, havendo uma sucessão pré-programada, onde as demais espécies se desenvolveram nos espaços vazios gerados.

As espécies inseridas conseguiram se propagar, liberando sementes no solo que viabilizaram o crescimento de novas plantas em anos seguintes, sendo lentamente sucedidas por outras espécies advindas de áreas do entorno assim como de sementes providas do adubo orgânico.



**Figura 11.** Revegetação de área degradada por erosão. (A) Rompimento da superfície selada por plântulas de *Canavalia ensiformis* permitindo germinação de sementes de outras espécies; (B) Composição de diferentes estratos vegetativos de crescimento; Encerramento do ciclo de uma das espécies plantadas - Nabo forrageiro; (D) Vagem com sementes de feijão de porco produzidas no interior da voçoroca. Fonte: Autores (2022).

O recobrimento do solo produzido pelo mix de sementes alcançou resultados positivos aos 2 meses de plantio, com taxas de cobertura próximas à 100 % (Figura 12), expondo baixa variação até o final do período de análise. O atraso gerado aos 15 dias de plantio oriundo da predação das plantas por formigas afetou diretamente o processo inicial de estabelecimento, podendo o tempo de cobertura ser reduzido caso fatos como este não ocorram.



**Figura 12.** Cobertura vegetal da área de experimento inserida no canal da voçoroca. Fonte: Machado (2015).

#### 4.2.4 Revegetação irrigada de processos erosivos

O procedimento de revegetação de processos erosivos ativos se mostra complexo, visto que os fluxos superficiais de água oriundos de eventos de precipitação tendem a retardar e até anular a eficácia das práticas vegetativas adotadas à sua mitigação. Além do arraste dos materiais superficiais, após perder competência de transporte, a enxurrada deposita sedimentos sobre a superfície, danificando e soterrando sementes e a vegetação que se encontra em fases iniciais de desenvolvimento, impossibilitando a propagação das plantas (MACHADO, CONFESSOR e RODRIGUES, 2014).

Para contornar esta problemática, realizou-se o plantio de sementes no período de entre chuvas da região (Inverno). A baixa ocorrência de precipitações minimizou o impacto da ação dos fluxos superficiais às plantas, garantindo ambientes mais estáveis para o crescimento e propagação da vegetação até o período de retorno das chuvas.

A menor ocorrência de chuvas reduz a umidade dos solos, de maneira a se tornar fator limitante para a propagação das plantas. Neste sentido, o fornecimento de água de forma artificial proporciona a oportunidade do crescimento e fixação da vegetação sem a necessidade da ocorrência de precipitações naturais.

Para tal, utilizou-se da própria água aflorante da feição erosiva como fonte para irrigação (CONFESSOR, MACHADO e RODRIGUES, 2016). O canal de água no assoalho da voçoroca oriundo da exfiltração perene de água garantiu volumes necessários para irrigar as áreas de plantio no interior da voçoroca, as quais apresentaram solo seco, sem a presença de lençol aflorante, mesmo em períodos de chuva.

O bombeamento da água foi realizado por meio de uma bomba hidráulica, conhecida como Carneiro hidráulico. Seu funcionamento simples, sem a necessidade do uso de combustível ou energia, facilidade de

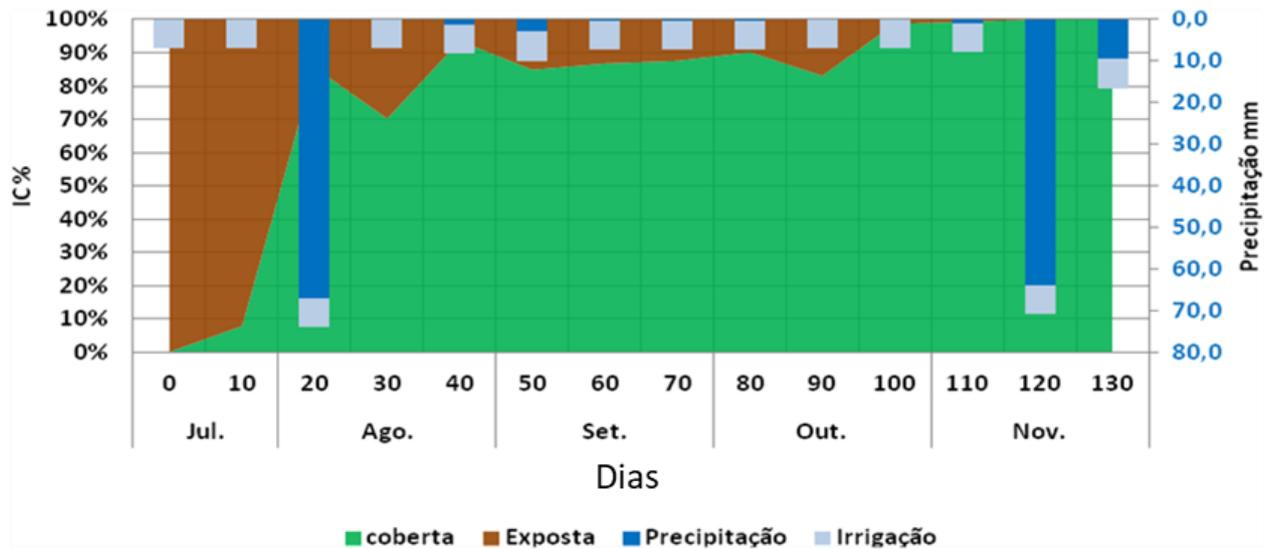
construção e instalação, o transformam em uma ferramenta possível de ser implementada em projetos inseridos em áreas remotas e/ou com poucos recursos disponíveis (CONFESSOR, MACHADO e RODRIGUES, 2016).

A água captada no canal principal da voçoroca foi bombeada a duas caixas d'água posicionadas a uma altura superior à das áreas irrigadas. Esta diferença de altura proporcionou pressão suficiente para funcionamento dos equipamentos de irrigação, a qual ocorreu de duas formas, utilizando-se de aspersores do tipo bailarina e gotejadores, permitindo manter a umidade constante às plantas (Figura 13).



**Figura 13.** Captação de Água Canal Principal Voçoroca (A); Carneiro Hidráulico (B); Sistema de Armazenamento e Distribuição de Água (C); Fase Inicial de Irrigação (D). Fonte: Confessor, Machado e Rodrigues, 2016.

Mesmo em um período de entre chuvas da região, os valores de cobertura vegetal se apresentaram próximos a 100% aos 20 dias pós plantio, se mantendo constante até o retorno das chuvas. A umidade estável do solo advinda da irrigação e a ausência de enxurradas possibilitaram o crescimento efetivo da vegetação, dando suporte para que sementes introduzidas pudessem se desenvolver e se propagar (Figura 14), expondo suas raízes até camadas mais profundas do solo, gerando seu travamento e permitindo a extração de água de horizontes mais profundos, garantindo mais independência às plantas em períodos sem irrigação.



**Figura 14.** Índice de cobertura do solo, precipitação e irrigação ao longo de 130 dias. Fonte: Confessor, Machado e Rodrigues (2016).

A vegetação pré-estabelecida no local não sofreu danos com o retorno das chuvas. Diferente disto, as plantas já em fases adiantadas de desenvolvimento auxiliaram na proteção do solo, diminuindo a cinética dos fluxos de maneira a evitar o desprendimento de materiais superficiais, produzindo ambientes mais estáveis para propagação de novas plantas mesmo em períodos críticos de precipitação (CONFESSOR, MACHADO e RODRIGUES, 2016).

#### 4.3 Práticas Edáficas

##### 4.3.1 Utilização de esterco bovino para revegetação de áreas degradadas

A revegetação de áreas degradadas pode ocorrer de diferentes maneiras, sendo o melhoramento das condições edáficas dos solos fator preponderante para o sucesso da fixação das práticas vegetativas. Uma alternativa para este processo, é a utilização de esterco para o incremento de matéria orgânica, nutrientes e adição de microrganismos ao solo, auxiliando nas condições de fertilidade e da capacidade de trocar cátions (CTC).

Dentre os estercos orgânicos produzidos pelos diferentes animais domésticos criados pelo homem, o esterco bovino se torna uma alternativa viável à revegetação de áreas degradadas por processos erosivos. Além do baixo custo, animais criados a pasto de forma extensiva forrageiam não somente o pasto que lhes foi preparado, mas também fazem o consumo de outras plantas dispostas em sua área de alimentação, havendo uma dieta variada de alimentos que pode englobar espécies nativas do bioma do qual estão presentes.

Os animais forrageiam não somente partes estruturais das plantas, mas também partes propagativas, como sementes. O sistema digestivo apesar de eficiente, não processa por completo todo material consumido, sendo excretados material orgânico degradado e sementes não digeridas, concentrando sementes de toda área de pastoreio no bolo fecal.

O material processado excretado torna-se suporte para o crescimento do mix de sementes que nele se faz presente, atuando como base para o desenvolvimento das sementes. Além disso, também se comporta como camada protetora das sementes frente a ação de predadores e do sol, auxiliando na retenção da umidade e disponibilizando nutrientes, configurando-se como ótimo substrato para desenvolvimento das sementes (Figura 15).

A adição deste material em áreas degradadas por erosão auxilia no melhoramento das condições edáficas do solo assim como viabiliza a criação de um novo banco de sementes (Figura 15A), visto que no geral, áreas acometidas por processos erosivos de grande porte exibem banco de sementes removido.

Mesmo sem haver o plantio de vegetação por meio de mudas e sementes selecionadas, uma área do interior da voçoroca que apresentava solo exposto a anos recebeu o tratamento de adição de esterco bovino, passando após isto a apresentar crescimento de uma diversidade de plantas.

As espécies que se desenvolveram são encontradas nas áreas de pastoreio do gado, incorporando na área degradada um conjunto de plantas de diferentes hábitos de crescimento, com representantes de espécies de gramíneas, arbustos e árvores, produzindo uma composição diversificada que gerou o recobrimento total do solo.



**Figura 15.** Revegetação de área degradada por meio da adição de esterco bovino. Esterco bovino presente em área de extração de cascalho apresentando crescimento vegetal oriundo de sementes presentes na massa orgânica, contrastando com solo exposto característico de áreas do entorno (A); Crescimento de mix de plantas provenientes da adição de esterco bovino (B); Área revegetada por plantas de diferentes estratos arbustivos (C e D). Fonte: Autores (2022).

O mix de sementes de plantas nativas e exóticas da região presente no esterco auxilia na propagação de uma vegetação mais adaptada no interior da feição erosiva, visto que são adaptadas às condições edafoclimáticas locais, contribuindo para construção de relações ecossistêmicas mais representativas, fomentando a formação da proteção do solo por meio de plantas com diferentes estratos vegetativos, contribuindo para dissipação da energia cinética das chuvas e assim como a conservação do solo (CONFESSOR, 2019).

Os ambientes com maior diversidade de plantas também auxiliam na maior segurança e perenidade da vegetação do local, visto que possibilitam a sucessão da vegetação suprimida por eventual predação ou doenças, sendo substituídas por outras espécies mais tolerantes de seu entorno.

#### 4.4 Melhoria das Relações Ecossistêmicas

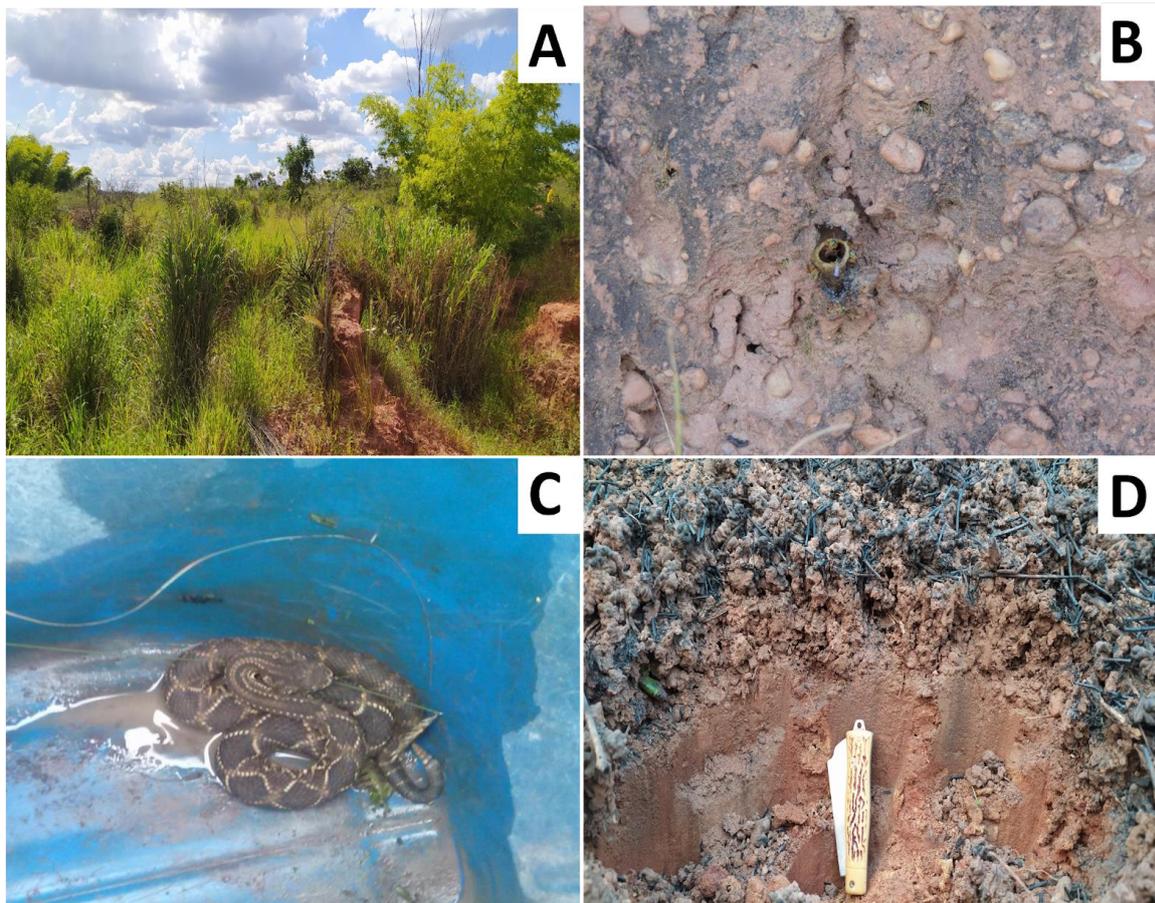
A implantação das práticas mecânicas, edáficas e vegetativas garantiram maior estabilidade à feição erosiva, permitindo que o espaço degradado, com processos erosivos ativos, ausente de vegetação e com predominância de solo exposto se transformasse lentamente. Passando a exibir o suporte necessário para fixação e desenvolvimento de espécies de plantas e animais.

A redução da intensidade dos processos de erosão refletiu em condições de melhoria da qualidade do solo que produziram ambientes mais propícios para fixação da vegetação. Além das espécies vegetativas selecionadas nos diversos estudos, observou-se também a ocorrência de outras espécies não plantadas dentro e nos arredores da voçoroca (Figura 16) (PEREIRA e RODRIGUES, 2012; CONFESSOR, MACHADO e RODRIGUES, 2016).

Com maior diversidade e densidade vegetativa, houve um incremento na oferta de abrigo e alimento para os animais, de maneira a ser possível observar ao longo da área em recuperação o retorno da fauna local, com a presença de insetos, aves, répteis e mamíferos (MACHADO, 2015; RODRIGUES, CONFESSOR e BARCELOS, 2022).

Abaixo da superfície, a adição de matéria orgânica ao solo ofertou alimento necessário para o desenvolvimento da pedofauna. Ao alimentarem-se dos resíduos orgânicos, a pedofauna retrabalhou o solo superficial inconsolidado, produzindo uma camada de agregados de 5 a 10 centímetros de espessura, contribuindo para a formação de uma estrutura primária.

Insetos e aves foram avistados fazendo uso da área, além do abrigo, foram observados hábitos de consumo de partes estruturais das plantas do local, assim como do pólen de suas flores. Répteis como cobras e lagartos também foram avistados fazendo uso frequente do local, indicando a estabilidade da oferta de presas para alimentação.



**Figura 16.** Melhoramento ecológico: Sucessão vegetativa na área de experimentos (A); Entrada colméia de abelha Jataí (B); Cobra Cascavel (C); Agregados de solo derivados de minhocas (D). Fonte: Rodrigues, Confessor e Barcelos (2022).

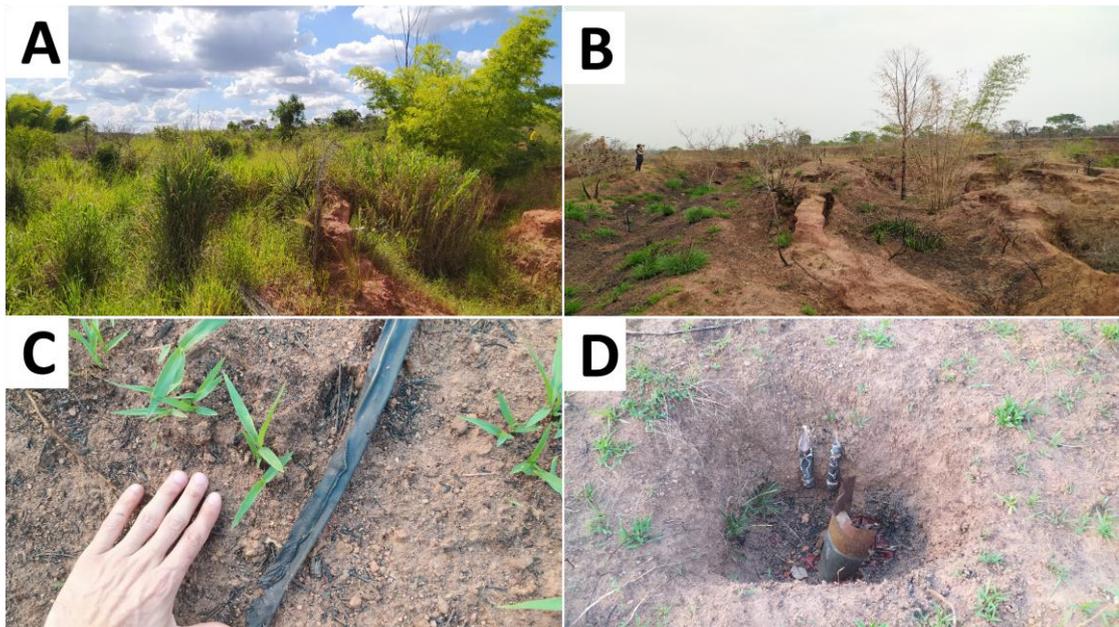
Neste sentido, nota-se que o manejo conservacionista adotado na área como um todo proporcionou ambiente favorável para a ocorrência de relações ecossistêmicas entre a área degradada e seus arredores, transformando-a não somente em um ambiente geomorfologicamente mais estável, mas também em um espaço de uso para vida local.

#### 4.5 Ação do fogo na área em recuperação

Apesar das medidas protetivas adotadas, a área de experimentos foi acometida por um grande incêndio após 12 anos de início dos trabalhos. A ação do fogo gerou efeitos em todas as práticas de manejo até então adotadas, sejam elas mecânicas, edáficas e vegetativas.

Ocorrente no período de entre chuvas da região, o fogo advindo dos arredores atingiu a vegetação seca e densa da área em recuperação. As plantas se transformam em combustível para o fogo, sendo consumidas em quase sua totalidade, restando no local extensas áreas de solo exposto pontilhadas por estruturas vegetativas carbonizadas (Figura 17).

Estruturas utilizadas em práticas mecânicas que apresentavam partes de material combustível também foram consumidas, afetando sua funcionalidade, estabilidade e eficiência. O material orgânico superficial, disposto sobre o solo também foi queimado, restando sobre a superfície aparente apenas material mineral e eventuais cinzas carbonizadas.



**Figura 17.** Área degradada por processos erosivos em estágio de recuperação: (A) Área em recuperação revegetada; (B) Queima das práticas conservacionistas; (C) Mangueira de irrigação queimada; (D) Estruturas de erosão para coleta de sedimentos queimadas. Fonte: Autores (2022).

Além das práticas conservacionistas, a ação do fogo também incendiou equipamentos de pesquisa, afetando a produção de dados assim como a continuidade de pesquisas até então realizadas. Anos de trabalho acumulado foram impactados pela ação do fogo, incidindo em pesquisas já realizadas, atuais e até mesmo em pesquisas que futuramente poderiam ocorrer na área.

Neste sentido, a proteção do fogo em áreas em recuperação demonstra-se de grande importância, podendo a ocorrência de incêndios gerar prejuízos ambientais, econômicos e científicos de difícil cálculo, consumindo além das práticas adotadas também o tempo gasto no processo.

## 5. Conclusões

A análise dos diferentes estudos realizados ao longo de 15 anos na voçoroca do Glória demonstrou que diversas abordagens podem e devem ser utilizadas para solucionar as consequências da erosão. Práticas mecânicas, edáficas e vegetativas apoiaram-se umas às outras, havendo a adoção de seu uso concomitante a potencialização dos efeitos benéficos à recuperação da área.

As diferentes técnicas aqui apresentadas revelaram-se de baixo custo de implantação, sendo constituídas por materiais de fácil acesso presentes no próprio meio rural, reduzindo limitações de implementação de maneira a ampliar sua capacidade de uso em diferentes localidades.

Apesar do baixo custo, os procedimentos elencados demandam força de trabalho para implementação e manutenção. Mesmo após sucesso de estabelecimento, a área ainda deve ser monitorada de forma contínua para que as práticas adotadas mantenham sua eficácia assim como perenidade do local, cumprindo sua função de estabilidade do ambiente.

Mesmo expondo uma variedade de procedimentos de mitigação de processos erosivos, salienta-se neste estudo que evitar a gênese da erosão através do uso de técnicas de manejo conservacionista se consolida como

melhor caminho, reduzindo as limitações de uso da terra assim como os efeitos dos passivos da erosão aos ambientes.

**Contribuições dos Autores:** "Os autores Silvio Carlos Rodrigues (SCR), Jefferson Gomes Confessor (JGC) e Juliana Sousa Pereira (JSP) informam que contribuíram com o artigo como a seguir: Concepção, SCR; metodologia, SCR, JGC e JSP; escrita do artigo, SCR, JGC e JSP; revisão, SCR, JGC e JSP. Todos os autores leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito".

**Financiamento:** "Esta pesquisa recebeu apoio financeiro do CNPQ, CAPES e FAPEMIG em diversas rubricas como bolsas de mestrado, doutorado e produtividade em pesquisa durante o período de 2002 a 2018. Sendo também parcialmente financiada pelo CNPQ, Bolsa PQ 302924/2019-1, e Projeto CAPES/UFU/PRINT 88887.311520/2018-00 "

**Conflito de Interesse:** "Os autores declaram não haver conflito de interesse.

## Referências

1. ALVES, R. R, **Monitoramento dos Processos Erosivos e da Dinâmica Hidrológica e de Sedimento de uma Voçoroca: estudo de caso na Fazenda do Glória na zona rural de Uberlândia-MG.** Março 2007, 121p., Dissertação de Mestrado. IGUFU, Uberlândia, abril 2007.
2. ANDRADE, A. G.; PORTO CARRERO, H.; CAPECHE, C. L. Práticas mecânicas e vegetativas para controle de voçorocas. **Embrapa Solos. Comunicado Técnico**, 2005.
3. ANDRADE, I. F.; RODRIGUES, S.C. Monitoramento da disponibilidade hídrica subsuperficial ao longo de uma vertente em ambiente de cerrado. **OBSERVATORIUM: Revista Eletrônica de Geografia**, v. 7, p. 2-11, 2016.
4. BACCARO, C. A. D. Estudos Geomorfológicos do município de Uberlândia. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, ano I, n.1, p. 17-21, jun. 1989. EDUFU. DOI: 10.14393/SN-v1-1989-61555
5. BACCARO, C. A. D. **Estudo dos processos geomorfológicos de escoamento pluvial em área de Cerrado- Uberlândia – MG. 1990**, 164. f. Tese de Doutorado (Geografia) Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990.
6. BACCARO, C. A. D. As Unidades Geomorfológicas e a Erosão nos Chapadões do Município de Uberlândia (MG). **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, n. 11 e 12, p. 19-34, 1994. DOI: 14393/SN-v6-1994-60981
7. BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. 6.ed. São Paulo: Ícone, 2008. 355p.
8. Bezerra, J. F.; Guerra, A. T.; Rodrigues, S. C.; Relações entre potencial matricial no solo e cobertura vegetal em uma estação experimental, Uberlândia – MG. **Sociedade & Natureza**, vol. 24, núm. 1, pp. 103-113, 2012. DOI: 10.1590/S1982-45132012000100009
9. BIULCHI, D. **Uso de leguminosas arbóreas no controle da evolução de voçoroca no domínio do cerrado.** Tese de doutorado, Instituto de Geografia - Universidade Federal de Uberlândia, 2012.
10. CONFESSOR, J. G. Avaliação de processos erosivos hídricos em diferentes usos agrícolas, utilizando simulador de chuvas no ambiente de Cerrado. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG, (2019). DOI: 10.14393/ufu.di.2019.6069
11. CONFESSOR, J.; MACHADO, D.; RODRIGUES, S. C. Procedimento de revegetação irrigada por carneiro hidráulico em área degradada por voçorocamento. **Revista Sapiência**: v. 5, n.1, p. 112-126, jan./jul., 2016.
12. DURLO, M.; SUTILI, F. **Bioengenharia: Manejo biotécnico de cursos de água.** Porto Alegre: EST, 2005. 189 p.
13. LEAL, P. C.; RODRIGUES, S. C. Uso e comparação do método de estaqueamento, o método DGPS e Geoprocessamento no monitoramento de uma área erosiva na Fazenda do Glória - Uberlândia, MG. **GEOUSP - Espaço e Tempo**, São Paulo, Nº 29, pp. 18 - 35, 2011. DOI: 10.11606/issn.2179-0892.geousp.2011.74184
14. MACHADO, L.; RESENDE, A.; CAMPELLO, E. Recuperação de voçorocas em áreas rurais. **Seropédica: Embrapa Agrobiologia**, 2006.

15. MACHADO, D.; CONFESSOR, J.; RODRIGUES, S. C. Processo inicial de recuperação de área degradada a partir de intervenções físicas e utilização de leguminosas. *Caderno de Geografia*, vol. 24, núm. 1, 2014, pp. 42-54. DOI 10.5752/P.2318-2962.2014v24nespp42
16. MACHADO, D. F. T.. Práticas conservacionistas de caráter vegetativo e edáfico em uma voçoroca no município de Uberlândia-MG. Monografia, Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia. 87 p., 2015.
17. MARQUES, M. L. da S. *et al.* Erosion in gullies and impact on the chemical properties of soil and water. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i9.8154.
18. MORGAN, R.P.C. A simple approach to soil loss prediction: a revised Morgan–Morgan–Finney model. *Catena*, V. 44, p. 305–322, 2001. DOI: 10.1016/S0341-8162(00)00171-5
19. NARDIN, C.; SILVA, A.; PEREIRA JR, R.; RODRIGUES, S. C. Uso de medida física para recuperação de áreas degradadas em ambiente de cerrado. Resultado para o uso de barreiras com material de baixo custo na recuperação de voçorocas. **Revista de Geografia**. v. especial VIII SINAGEO, n. 2, Set. 2010.
20. NOGUEIRA, N.; OLIVEIRA, O.; MARTINS, C.; BERNARDES, C. Utilização de leguminosas para recuperação de áreas degradadas. **Enciclopédia Biosfera**, n.8, v.14, 2012.
21. PEREIRA JUNIOR, R. A. P. **Uso de barreiras físicas em voçorocas e seus efeitos na retenção de sedimentos: um estudo de caso**. 2013. 99 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013. Disponível em: [https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id\\_trabalho=2746567](https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=2746567) Acesso em: 25 maio. 2020.
22. PEREIRA, J. S. *et al.* Avaliação do índice de sobrevivência e crescimento de espécies arbóreas utilizadas na recuperação de área degradada. **Revista Geonorte**, [S. l.], v. 3, n. 4, p. 138–148, 2012. Disponível em: [//www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/1813](http://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/1813). Acesso em: 20 out. 2022.
23. PEREIRA, J. S.; RODRIGUES, S. C. Crescimento de espécies arbóreas utilizadas na recuperação de área degradada. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, MG, v. 13, n. 41, 2012. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/16628>. Acesso em: 6 nov. 2022.
24. PEREIRA, J. S.; RODRIGUES, S. C. Studies on Gullies: an evaluation of Brazilian scientific production (2009/2019). **Sociedade & Natureza**, [S. l.], v. 34, n. 1, 2022. DOI: 10.14393/SN-v34-2022-65923.
25. PETRUCCI, E. AND OLIVEIRA, L. Relações entre intensidade, duração e frequência das precipitações máximas de 24 horas e equação de chuvas intensas para a cidade de Uberlândia-MG. **Revista Brasileira de Climatologia**, 25. 2019. DOI: 10.5380/abclima.v25i0.57767
26. RODRIGUES, G.; MALTONI, K.; CASSIOLATO, A.; Dinâmica da regeneração do subsolo de áreas degradadas dentro do bioma Cerrado. *Gestão e Controle Ambiental, Rev. bras. eng. agríc. ambient.* v. 11, 2007. DOI: 10.1590/S1415-43662007000100010
27. RODRIGUES S.C. Impacts of human activity on landscapes in Central Brasil. A case study in the Araguari watershed. *Geograph Res* 40:167–178, 2002 DOI: 10.1111/1467-8470.00172
28. RODRIGUES, S.C. Some Practices of Gully Rehabilitation in Central Brazil. In: Dagar, J., Singh, A. (eds) **Ravine Lands: Greening for Livelihood and Environmental Security**. Springer, Singapore, 2018 DOI: 10.1007/978-981-10-8043-2\_7
29. RODRIGUES, S. C.; CONFESSOR, J. G.; BARCELOS, A. C. Gully recovery practices in a Central Brazil environment. In: Antonio Avelino Batista Vieira; Antonio Bento-Gonçalves; Silvio Carlos Rodrigues. (Org.). *Geomorphological changes in fire affected landscapes: field and laboratory techniques for soil erosion analysis*. 1ed.Coimbra: Universidade de Coimbra, 2022,v. 1, p. 33-47.
30. RODRIGUES, S. C., Augustin, H. R. R. C., Nazar, I. S. M. T. (2023). Mapeamento Geomorfológico do Estado de Minas Gerais: uma proposta com base na morfologia. *Revista Brasileira De Geomorfologia*, 24(1). DOI: 10.20502/rbg.v24i1.2233

31. SANTANA, A.; NUNES, J. O. Práticas conservacionistas e recuperação de área degradada por voçoroca em uma propriedade rural, no município de Regente Feijó (SP). **Geoambiente On-line**, Goiânia, n. 40, 2021. DOI: 10.5216/revgeoamb.i40.69189.
32. SERATO, D.; RODRIGUES, S. C. Avaliação e recuperação da área degradada (voçoroca) no interior da fazenda Experimental do Glória no município de Uberlândia (MG). **Boletim Goiano de Geografia**, vol. 30, núm. 2, julho-dezembro, 2010, pp. 29-42. DOI 10.5216/bgg.V30i2.13278
33. SERATO, D.S. ; ALVES, R.R; Campos, E.H.; SILVA, J.F.; RODRIGUES, G.S.S.C; RODRIGUES, S.C. . Monitoramento e Avaliação de Dispositivos Físicos para Recuperação de Áreas. In: II Encontro Latino-Americano de Geomorfologia e VII Simpósio Brasileiro de Geomorfologia, 2008, Belo Horizonte. Anais do II Encontro Latino-Americano de Geomorfologia e VII Simpósio Brasileiro de Geomorfologia, 2008. v. 1. p. 1-10.
34. SILVA, A. H. da. **Medidas físicas e biológicas com potencial para uso em recuperação de voçoroca no município de Uberlândia-MG**. 2010. 136 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Instituto de Geografia. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/16095/1/Diss%20Alcione.pdf> Acesso em: 25 mai. 2020.
35. SILVA, A. H. *et al.* Uso de medidas edáficas para recuperação de áreas degradadas em ambiente de cerrado. Resultado para o uso de *macrotyloma axillare* na recuperação de voçorocas. In: VIII SINAGEO: Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2010, Recife-PE. <http://www.ufpe.br/gequa/>, 2010.
36. SILVA, A. H. *et al.* . Análise do desenvolvimento inicial de *Arachis pintoii* e *Macrotyloma axillare*, como potencial na sucessão ecológica de Áreas Degradadas em Uberlândia-MG.. IV Simpósio sobre: Solos Tropicais e Processos Erosivos do Centro-Oeste e de Minas Gerais. 2009.
37. SILVA, A. H.; PEREIRA, J. S.; RODRIGUES, S. C. Desenvolvimento inicial de espécies exóticas e nativas e necessidade de calagem em área degradada do Cerrado no Triângulo Mineiro (Minas Gerais, Brasil). **Agron. colomb.**, Bogotá , v. 29, n. 2, p. 479-484, Junho 2011. Available from <[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-99652011000200015&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652011000200015&lng=en&nrm=iso)>. access on 06 Nov. 2022.
38. SUTILI, F. **Bioengenharia de solos no âmbito fluvial do sul do brasil: espécies aptas, suas propriedades vegetativo-mecânicas e emprego na prática**. 2007. 94f. Tese (doutorado) - Universidade Rural de Viena. Viena, 2007.
39. VRIELING, A.; RODRIGUES, S.C; BARTHOLOMEUS, H ; STERK, G. . Automatic identification of erosion gullies with ASTER imagery in the Brazilian Cerrados. *International Journal of Remote Sensing*, Londres, v. 28, p. 2723-2728, 2007. DOI: 10.1080/01431160600857469



Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) – CC BY. Esta licença permite que outros distribuam, remixem, adaptem e criem a partir do seu trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito pela criação original.