

POÁCEAS NATIVAS DO CERRADO PARA RESTAURAÇÃO DE VOÇOROCAS

Nayara Vieira Trevisani¹
Adriana Carla Dias Trevisan²

Resumo: O Cerrado é marcado por forte heterogeneidade ambiental, o que o torna um bioma com alto endemismo de espécies. Desta maneira, torna-se essencial a implementação de medidas protetivas e de restauração das áreas degradadas para evitar perdas da sua biodiversidade. Grandes erosões como as voçorocas, são exemplos de degradação que podem impactar fortemente o bioma. Estas perturbações de origem natural ou mais comumente desencadeadas pela exploração desordenada de uso do solo geram diversos danos ambientais. Neste estudo, foram testadas três espécies autóctones, uma anual (*Gymnopogon foliosus*) e duas perenes (*Andropogon bicornis* e *Andropogon leucostachyus*) através da semeadura direta em uma voçoroca, em parcelas de 0,5 x 0,5 m, para avaliar o potencial de cobertura vegetal. O grau de cobertura vegetal foi avaliado pelo método de Braun-Blanquet aos 15, 30 e 90 dias após a semeadura. Constatou-se uma rápida taxa de germinação e ocupação do espaço pela espécie anual, evidenciando *G. foliosus* como alternativa de inserção em projetos de restauração da cobertura vegetal inicial de áreas erodidas no Cerrado. Entre as espécies perenes, embora com velocidade de crescimento menor, *A. bicornis* também apresentou bom potencial para cobertura do solo.

Palavras-chave: área degradada; conservação; gramíneas; semeadura direta.

POACEA NATIVE FROM THE CERRADO FOR RESTORATION OF VOÇOROCAS

Abstract: The Cerrado is marked by strong environmental heterogeneity, which makes it a biome with high species endemism. It is therefore essential to implement measures to protect and restore degraded areas to prevent biodiversity loss. Major erosions such as gullies are examples of degradation that can have a major impact on this biome. These disturbances of natural origin or, more commonly, those triggered by disorderly land use, cause various environmental damages. In this study, three native species were tested, one annual (*Gymnopogon foliosus*) and two perennials (*Andropogon bicornis* and *Andropogon leucostachyus*) through direct sowing in a gully, in 0.5 x 0.5 m plots, to assess the potential for vegetation cover. The degree of vegetation cover was assessed using the Braun-Blanquet method at 15, 30, and 90 days after sowing. There was a rapid germination rate and space occupation by the annual species, highlighting *G. foliosus* as an alternative for inclusion in projects to restore the initial vegetation cover of eroded areas in the

C
I
P
P
U
S

(ISSN2238-9032)

¹ UERGS. E-mail: <nayaravt@gmail.com>

² UERGS.

Cerrado Among the perennial species, although with a slower growth rate, *A. bicornis* also showed good potential for ground cover

Keywords: degraded area; conservation; grasses; direct seeding.

INTRODUÇÃO

O Cerrado possui forte heterogeneidade ambiental com características distintas de clima, geomorfologia e composição de espécies (FRANÇOSO et al., 2019; GOMES, 2020) que refletem em alto endemismo. Além da fauna específica e da diversidade florística e geológica, o Cerrado é um dos biomas mais ricos em microbiota do solo do mundo, embora pouco estudada (PROCÓPIO e BARRETO, 2021). Logo, muitas espécies do bioma ainda não foram descritas e a perda de habitat associado as mudanças climáticas já percebidas, impactam bruscamente a biodiversidade em vários níveis ecológicos. Se medidas protetivas efetivas não forem seriamente aplicadas, futuramente o Cerrado poderá entrar em colapso (AMBRIZZI; ARAUJO, 2014; FERNANDES et al., 2018; HOFMANN et al., 2021). As principais causas do desmatamento deste bioma são as monoculturas de *commodities* e as pastagens, além de impactos sofridos pela expansão das áreas urbanas, hidrelétricas e mineração (SANO et al., 2008).

A forma intensiva de ocupação do Cerrado, com as mais variadas formas desordenadas de uso do solo e supressão da vegetação, culmina muitas vezes em processos erosivos que podem chegar a grandes proporções (FERREIRA et al., 2011; SILVA et al., 2022). As voçorocas são exemplos de intensas erosões do solo que expõem o lençol freático e podem ser observadas a longas distâncias na paisagem. Estas feições também podem ocorrer de forma natural, quando os solos são muito friáveis e apresentam elevada suscetibilidade erosiva, podendo ser potencializadas por alterações antrópicas nestas áreas já vulneráveis (SOUSA; FERREIRA, 2017).

Os distritos limítrofes de Cachoeira do Campo e Santo Antônio do Leite, localizados principalmente em área de Cerrado do município de Ouro Preto - MG, são conhecidos pelas inúmeras voçorocas. Estudos apontam que existem condicionantes naturais característicos do solo da região na formação destas feições, que, a partir do escoamento das águas superficiais em movimento turbulento e subsuperficiais (MORAES et al., 2004) condicionam a erosão. São processos também desencadeados por intensas alterações antrópicas, relacionadas principalmente a atividades agropastoris, estradas sem sistema de drenagem (BONNA, 2011) e ocupação urbana desordenada do território (CHEROBIN, 2012). De acordo com SANTOS et al. (2002), a camada superficial dos solos desta região é resistente a erosão laminar causada pelas chuvas, porém distúrbios provocaram o seu rompimento deixando o horizonte C do solo desprotegido. Neste caso, o horizonte C é mais vulnerável a desagregação do que as demais camadas e sua exposição ao impacto das gotas de chuvas, junto com o escoamento superficial turbulento desencadeiam a formação das voçorocas (LANA, 2022). A falta de planejamento no uso do solo na região remonta desde a época da exploração do ouro em torno do século XVIII, em que o solo foi utilizado de forma exaustiva para produção de alimentos que supriam a população na época colonial (PARZANESE, 1991). Segundo o autor citado, este fato pode ter sido o propulsor inicial na formação destas feições.

As voçorocas geram consequências danosas ao meio ambiente, como o assoreamento dos cursos d'água devido ao desprendimento de sedimentos que são prejudiciais em todo percurso do rio, não se restringindo apenas na bacia hidrográfica (VALLENTIN, et al. 2005). Segundo VALLENTIN, et al. (2005), promovem uma drenagem intensificada e processos de aridez acelerados, sendo o esgotamento da matéria

orgânica um fator que reduz a estabilidade estrutural do solo e favorece a formação de crostas e o escoamento superficial. Os baixos teores de matéria orgânica alteram as propriedades do solo, diminuindo a capacidade de troca catiônica CTC, retenção de água e sua fertilidade (NEGREIROS et al., 2012). Impede a formação do horizonte A dificultando o restabelecimento da vegetação, resultando em solos distróficos, ácidos e com alto grau de intemperismo (COUTINHO et al., 2019). Consequentemente, alteram também a microbiota responsável por importantes funções ecológicas (FIGUEIREDO et al., 2023).

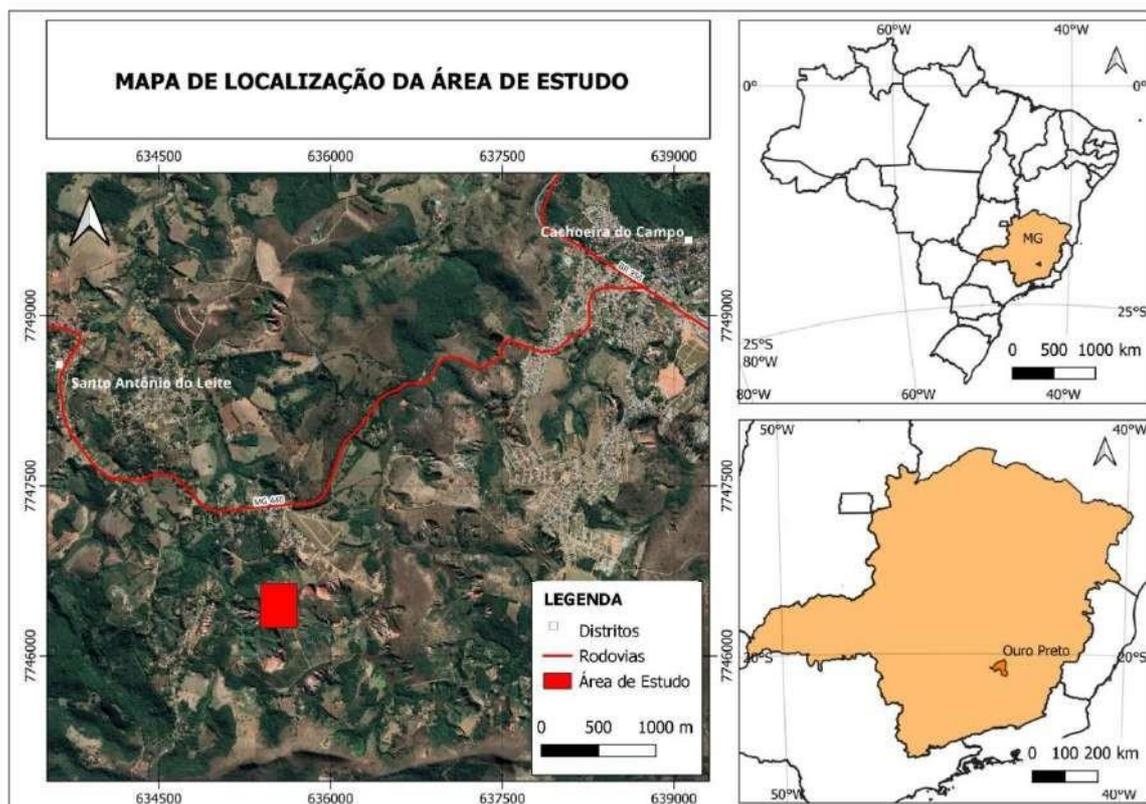
Nesse sentido, a presença de cobertura vegetal reduz a velocidade do escoamento e a turbulência do fluxo da água, sendo efetiva na contenção da erosão hídrica (LOU et al., 2023). Atua como uma barreira física de proteção da superfície, aumentando a infiltração da água e, com isso, reduz o escoamento superficial (PEREIRA et al., 2003). O estabelecimento de sebes de grama rígida e densa em partes específicas da erosão, retardam e espalham o escoamento superficial além de segurarem os sedimentos (POESEN et al., 2003). Importante ressaltar que a utilização de plantas nativas para a restauração de áreas erodidas no Cerrado, torna-se essencial uma vez que estas possuem características adaptativas ao meio. Assim, constataram MARQUES et al. (2014), com a gramínea *Echinolaena inflexa*, que obteve 100% de sobrevivência em uma voçoroca com teor muito baixo de nutrientes e matéria orgânica, sem nenhum trato cultural prévio. Assim sendo, em áreas de Cerrado degradado como exemplo as grandes erosões, as gramíneas nativas representam um grupo de interesse por terem rápido crescimento e adaptações que permitem o seu estabelecimento e dispersão. O denso sistema radicular e a resistência ao arranquio, auxiliam na estabilização e ancoragem de taludes instáveis, tendo a semeadura direta demonstrado resultados satisfatórios (VERDUM et al., 2016).

Diante do exposto, a compreensão da interação solo/planta nas voçorocas é de suma importância para o desenvolvimento de medidas que visem atenuar as consequências dos processos erosivos, uma vez que a presença da vegetação é essencial nestas áreas. Desta forma, este estudo objetivou avaliar a cobertura vegetal promovida por gramíneas nativas do cerrado plantadas por semeadura direta em áreas de voçoroca.

Metodologia Caracterização da área

A área da voçoroca estudada situa-se em uma propriedade rural no distrito de Santo Antônio do Leite em Minas Gerais, pertencente ao município de Ouro Preto e inserido no Quadrilátero Ferrífero (Fig. 1). A região é formada por um mosaico de pastagens, plantios de eucalipto, grandes erosões e remanescentes de mata nativa. A vegetação foi classificada como Floresta Estacional Semidecidual por RADAMBRASIL (1983), caracterizada por uma zona de transição entre Mata Atlântica e Cerrado. Possui regime de chuvas sazonal bem demarcado com períodos secos em parte do ano e alta taxa pluviométrica concentrada nos meses de outubro a março (CASTRO et al., 2012). A média pluviométrica anual para a região é de 1.610,1mm, variando entre 1.005,1 a 2.512,4 mm (CASTRO et al., 2012).

O solo na porção superior e inferior de uma voçoroca desta região são silto-arenosos quanto na baixada ou leito, seguem a tendência argilo-siltosa devido ao ambiente de fundo de vale com influência fluvial (SANTOS et al., 2002). São ácidos, hipoférricos, distróficos e com argila de baixa atividade (BONNA 2011). Os solos da região são classificados como Latossolos Vermelho-Amarelos (SOBREIRA 1998) e a geomorfologia é caracterizada por um relevo composto por mares de morros (Santos et al., 2002).

Figura.1: Localização da área de estudo, segundo Maciel (2023).

Espécies estudadas

Para a seleção das espécies utilizadas, o principal critério foi a boa adaptação em locais perturbados. Nesse sentido, o presente trabalho baseou-se nos resultados de (FIGUEIREDO et al., 2012) sobre duas espécies do gênero *Andropogon*, as quais apresentaram boas taxas de germinação em condições de laboratório e foram indicadas para restauração de áreas degradadas no Quadrilátero Ferrífero. Para a terceira espécie selecionada, destaca-se a alta produção de sementes viáveis (DAIREL, 2020).

Desta forma, abaixo destaca-se uma breve descrição das espécies selecionadas.

1. *Andropogon bicornis* L.: Planta perene e de hábito cespitoso, habita preferencialmente locais úmidos e alagados, muito encontrada em ambientes perturbados onde é uma das pioneiras em estágios iniciais de sucessão e indicada para restauração de áreas mineradas (FILGUEIRAS, 2021; BARBOSA et al., 2017)..
2. *Andropogon leucostachyus* Kunth: Planta perene, cespitosas, cresce em locais úmidos, clareiras e comumente em locais perturbados sendo indicada para recuperação de áreas degradadas (FILGUEIRAS, 2021) considerada pioneira de estágio sucessional inicial no Cerrado (BARBOSA et al., 2017).
3. *Gymnopogon foliosus* (Willd.) Nees: Distingue-se das outras espécies do gênero por ser anual. É frequente em solos arenosos do Cerrado onde formam populações muitas vezes densas, embora efêmeras. Planta cespitosa com possibilidade de geração de renda, tendo os arranjos florais secos e comercializados (FILGUEIRAS, 2021). Possui características relacionadas a abundância e germinação podendo ser classificada como pioneira (DE ASSIS, 2017; DE PAULA, 2015).

Semeadura direta e coleta de dados

O experimento foi realizado em parcelas de 0,5 x 0,5 m com cinco repetições para cada espécie, totalizando 15 parcelas. Estas unidades amostrais foram distribuídas com distanciamento de 0,5 m entre elas e dispostas em 3 linhas (uma para cada espécie) horizontalmente no terço médio inferior da voçoroca, região menos íngreme e que conferiu maior homogeneidade espacial.

As sementes foram adquiridas de uma empresa especializada com registro de procedência, proveniente de coleta realizada em um fragmento de área natural do Cerrado nativo e preservado no estado de Goiás. O beneficiamento das sementes se deu por meio da trituração utilizando um triturador de forrageira. Este método é comumente utilizado para as pequenas sementes de gramíneas, que tritura os pendões sem danificá-las, porém, dificulta a contagem do total de sementes produzidas. Assim, para a implantação do experimento, após o beneficiamento as sementes foram pesadas em balança de precisão na quantidade de 5g por parcela e misturadas na proporção de volume 1:1 com substrato do próprio local de estudo. Este método ameniza os registros apontados por diversos autores os quais destacam a dificuldade enfrentada na germinação e emergência de plântulas provenientes de sementes pequenas quando em maior profundidade de soterramento (FONTENELE et al., 2020; LIMÓN e PECO, 2016). Este método de mistura das sementes com substrato possibilita a manutenção das sementes na porção superficial do solo, condição que promove a incidência solar e a germinação destas espécies, sem que as mesmas sejam dispersadas pela força do vento. Foi realizada a semeadura direta a partir da mistura semente/substrato no início de dezembro de 2022, em período chuvoso. A análise da cobertura vegetal após germinação das sementes foi realizada em três etapas: 15, 30 e 90 dias após a semeadura, nos meses de dezembro, janeiro e março respectivamente. A porcentagem de cobertura vegetal foi realizada usando o método de BRAUN-BLANQUET (1964) disponível em MUELLER- DOMBOIS e ELLENBERG (1974). Este método de análise visual, propõem uma escala para estimar a cobertura vegetal. Neste estudo, a escala original foi adaptada adicionando o índice "0" para abranger a possibilidade da ausência total de cobertura conforme descrito no Quadro 1.

Quadro 1: Escala de BRAUN-BLANQUET (1964)

5	Qualquer número de indivíduos, cobrindo mais de 3/4 da área (>75%)
4	Qualquer número de indivíduos, cobrindo de 1/2 a 3/4 da área (50 a 75%)
3	Qualquer número de indivíduos, cobrindo de 1/4 a 1/2 da área (25 a 50%)
2	Qualquer número de indivíduos, cobrindo de 1/20 a 1/4 da área (5 a 25%)
1	Cobrindo menos que 1/20 da área, numerosos ou esparsos (< 5%)
+	Poucos indivíduos, cobertura muito baixa
r	Planta solitária com cobertura muito baixa
0	Sem cobertura

Fonte: MUELLER- DOMBOIS e ELLENBERG (1974), adaptada com o índice "0" para abranger parcelas sem cobertura vegetal.

Resultado e discussão

De acordo com o método de análise proposto, a estimativa de cobertura vegetal para cada espécie podem ser observadas na Tabela 1.

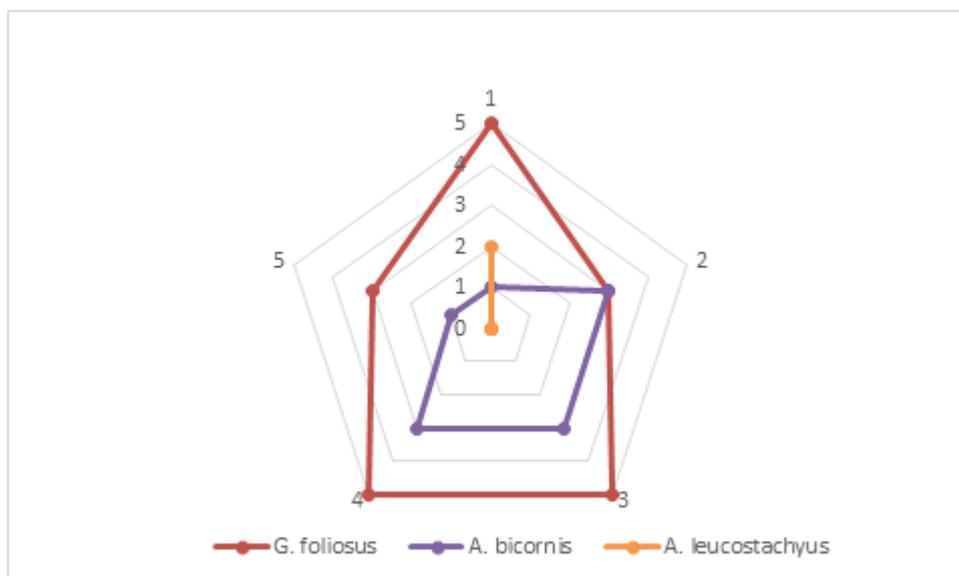
Tabela 1: Índices da escalada adaptada de BRAUN-BLANQUET indicando a cobertura vegetal após 15, 30 e 90 dias da sementeira direta.

Espécie	Parcelas	15 dias	30 dias	90 dias
<i>G. foliosus</i>	1	3	3	5
	2	3	3	3
	3	3	4	5
	4	4	5	5
	5	4	3	3
<i>A. bicornis</i>	1	0	0	1
	2	0	0	3
	3	0	0	3
	4	0	0	3
	5	0	0	1
<i>A. leucostachyus</i>	1	0	0	2
	2	0	0	0
	3	0	0	+
	4	0	0	+
	5	0	0	0

As sementes da gramínea *G. foliosus* foram as primeiras a germinarem sendo observadas plântulas no primeiro monitoramento em 15 dias após a instalação do experimento. Uma alta e rápida taxa de germinação e viabilidade das sementes desta espécie foi constatada por BARBOSA et al. (2020). *G. foliosus* é uma planta monocárpica, ou seja, comum único evento reprodutivo durante o ciclo de vida, assim, é salutar destacar que o recrutamento de novos indivíduos é baseado exclusivamente na reprodução sexual e na germinação de sementes (BLAIR et al., 2014).

Já as espécies *A. bicornis* e *A. leucostachyus* germinaram após *G. foliosus*, sendo observado plântulas no terceiro monitoramento, 90 dias após a sementeira conforme observado no índice de cobertura (Figura 2 e tabela 1). Figueiredo et al. (2012) constatou que as espécies *A. bicornis* e *A. leucostachyus* apresentam dormência e em condição de laboratório, a partir de tratamentos que promoveram a quebra da dormência ambas germinaram em um período de 7 dias. Outros trabalhos constataram dormência para estas duas espécies de gramíneas (KOLB et al., 2016; LIMA et al., 2014). A presença de algum tipo de dormência é comum nas sementes de gramíneas do Cerrado (NUNES, 2018; RAMOS, 2015) e, embora a técnica de sementeira direta tenha demonstrado bons resultados com baixo custo de implementação na restauração deste bioma (RAUPP et al., 2020; FIGUEIREDO et al., 2021), o conhecimento prévio sobre o potencial germinativo das espécies que serão introduzidas na restauração é imprescindível para o sucesso da técnica. Neste sentido, são recomendados quando viável, tratamentos para a quebra da dormência das sementes previamente a sementeira.

Figura 2: Comparação gráfica do índice de cobertura vegetal das três espécies de gramíneas após 90 dias da semeadura direta. A numeração de 1 a 5 nos pontos externos do gráfico, correspondem ao número das parcelas e os demais aos índices da escala de Braun-Blanquet. O índice “+” encontrado para *A. Leucostachyus*, está representado como índice “0” no gráfico.



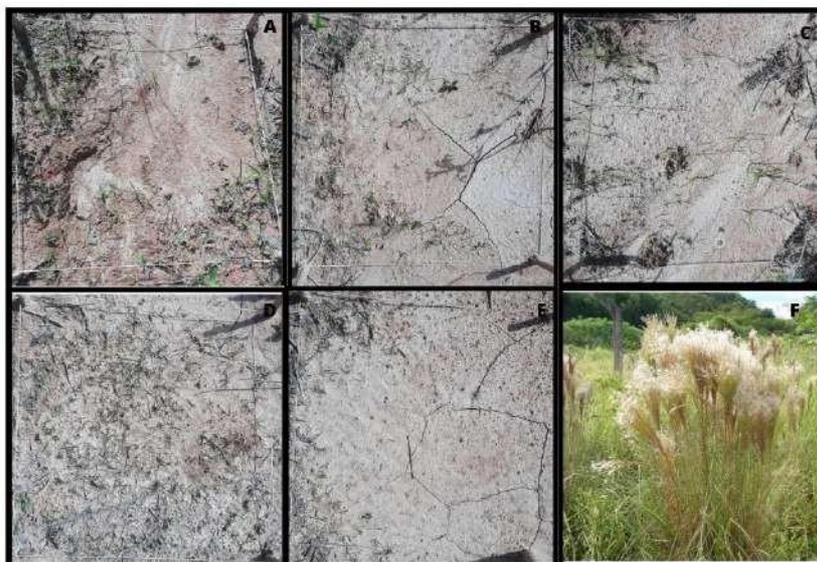
Durante o período do experimento, eventos de forte precipitação, comuns na região, incidiram nas parcelas semeadas. Assim, 43 dias após a semeadura direta foi constatado o soterramento de parte das parcelas das espécies *A. bicornis* e *A. leucostachyus*, conforme pode ser visualizado nas figuras 3 e 4. As figuras de 3 a 5 apresentam as imagens das parcelas aos 90 dias. Apesar do ocorrido, a maioria das parcelas de *A. bicornis* se enquadraram no índice 3 da escala de Braun-Blanquet com 25 a 50% de cobertura, enquanto que as outras duas parcelas tiveram menos de 5% (Tab. 1 e Fig. 2 e 3). Já para a espécie *A. leucostachyus*, verificou-se cobertura de 5 a 25% na parcela 1, índice 2 da escala (Tab. 1 e Fig. 4). Nas demais parcelas não houve a presença de indivíduos ou foi muito baixa. Logo, os sedimentos depositados prejudicaram a análise da cobertura vegetal, o que demonstrou a necessidade de se pensar em estratégias que impeçam os danos causados nos experimentos em campo no período de precipitação intensa em áreas com alto potencial erosivo. Como destacado por Momoli e Cooper (2016), os sedimentos provenientes a montante provocam soterramento de sementes e plântulas, dificultando a germinação e o estabelecimento de plantas nativas, ressaltando assim, a dificuldade nos processos de restauração de voçorocas.

A gramínea *G. foliosus* apresentou boa cobertura vegetal, embora também tenha sido afetada pela movimentação dos sedimentos na área, fato que pode ser observado na parcela 5, em que foi registrado índice 4 no monitoramento após 15 dias de semeadura e caiu para 3 nos monitoramentos posteriores (Tabela 1), indicando uma cobertura de 25 a 50%. Com exceção da parcela 5 e da parcela 2, que mantiveram o índice 3 da escala, as demais parcelas obtiveram resultados crescentes, com índice 5 no último monitoramento, ou seja, cobertura acima de 75% chegando a 100% após 90 dias da semeadura (Tab. 1 e fig. 2 e 5). Esta espécie tem capacidade de formar um banco de sementes sobre o solo, contendo grande densidade de sementes com alta viabilidade inicial e porcentagem de germinação, favorecendo a regeneração por emergência de mudas e mantendo a espécie no ecossistema (DAIREL e FIDELIS, 2020). AIRES et al., (2013), estudando uma gramínea do mesmo gênero verificaram uma alta produção de sementes férteis em *Gymnopogon spicatus*, indicando que há uma estratégia de investimento direcionado

à reprodução sexuada e em sementes de melhor qualidade, bem como de ocupação imediata do espaço. Os autores reforçaram a importância da sua utilização para restauração de áreas degradadas por meio da semeadura direta.

Outro estudo realizado com gramíneas nativas do gênero *Gymnopogon*, mostrou características que indicam estas espécies como adequadas para restauração de áreas severamente degradadas no Cerrado (MARTINS et al., 2022). As espécies de crescimento rápido e com maior teor de raízes finas, como as gramíneas, são eficientes para reforçar e conter a erosão das partículas do solo, além de formarem rapidamente a cobertura vegetal tão importante para recuperação de áreas erodidas (BURYLO et al., 2012), contribuindo assim, para o restabelecimento da dinâmica dos serviços ecossistêmicos. No geral, espécies de ciclo vegetativo anual como *G. foliosus*, são muito eficientes neste sentido, criando as condições para o estabelecimento de gramíneas perenes que dominam naturalmente a camada herbácea das savanas (COUTINHO et al., 2019). Logo, por ser uma espécie anual, a inserção de *G. foliosus* é recomendada combinada com outras espécies para que possam manter o solo coberto por períodos mais longos a fim oferecer condições viáveis para a regeneração natural e evitar futuras invasões de espécies exóticas (DAIREL e FIDELIS, 2020). SAMPAIO et al. (2019) recomenda a semeadura de gramíneas combinada com herbáceas e arbustos de crescimento rápido para aumentar a cobertura de espécies nativas na restauração do Cerrado, pois, desta forma desempenham funções complementares.

Figura 3: Parcelas da espécie *Andropogon bicornis* após 90 dias da semeadura. **A-E:** Parcelas de 1 a 5 respectivamente. **F:** Indivíduo adulto de *Andropogon bicornis* (autoria da foto: Ana Zanin).



Fonte: Mariana Dairrel.

Figura 4: Parcelas da espécie *Andropogon leucostachyus* após 90 dias da semadura. **A-E:** Parcelas de 1 a 5 respectivamente. **F:** Indivíduo adulto de *Andropogon leucostachyus*)



Fonte: Mariana Dairel.

Figura 5: Parcelas da espécie *Gymnopogon foliosus* após 90 dias da semadura. **A-E:** Parcelas de 1 a 5 respectivamente. **F:** Indivíduo adulto de *Gymnopogon foliosus*



Fonte: Mariana Dairel.

Conclusão

Foi evidenciada a fragilidade da aplicação da semeadura direta em áreas de erosão ativa, estando as sementes e plântulas vulneráveis ao soterramento, principalmente em épocas de alta pluviosidade. Desta forma, é recomendado avaliar outras técnicas que envolvam a contenção de sedimentos que possam ser aplicadas em conjunto a semeadura direta nas voçorocas. Outro ponto é a importância de estudos para diagnosticar a densidade ideal de sementes de acordo com as espécies que serão utilizadas, considerando a reduzida taxa de germinação e possíveis perdas de indivíduos durante o estabelecimento nestas áreas. A técnica de avaliação da cobertura vegetal utilizada foi eficiente em demonstrar o potencial de ocupação do espaço pelas gramíneas nativas, pois, apesar do evento da enxurrada ter comprometido a

segunda avaliação, na terceira avaliação foi possível observar a capacidade de adaptação das espécies estudadas que permitiu a sobrevivência e resistência das plântulas neste ambiente hostil de voçoroca.

Gymnopogon foliosus demonstrou ser uma espécie com grande potencial para inserção em solos distróficos de ambientes severamente degradados por meio da semeadura direta. Os resultados indicam que a espécie responde bem ao estabelecimento em áreas perturbadas com rápida germinação sem necessidade de tratamento prévio para quebra de dormência ou trato cultural. Ela possui excelente ocupação do espaço apresentando boa cobertura vegetal, se comportando como espécie pioneira de início de sucessão. As características destacadas anteriormente são importantes para sobrevivência de plântulas e estabelecimento de populações em regiões com processos erosivos ativos. Destaca-se que as informações sobre a referida espécie ainda são escassas na literatura acadêmica e dados relacionados a inserção, estabelecimento e comportamento em campo ainda precisam ser melhor investigados. Ainda, novos estudos com as espécies *A. bicornis* e *A. leucostachyus* por meio da semeadura direta em substrato de voçoroca, são importantes para avaliar o potencial de cobertura vegetal sem a interferência de deposição de sedimentos. No entanto, apesar do soterramento, *A. bicornis* demonstrou ter potencial de adaptação e ocupação do espaço nesta área.

Referências

AIRES, S.S.; SATO, M.N.; MIRANDA, H. S. Seed characterization and direct sowing of native grass species as a management tool. **Grass and Forage Science**, v. 69, p. 470–478, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/gfs.12077>>

AMBRIZZI, T.; ARAÚJO, M. Base científica das mudanças climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 1 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas. **COPPE/UFRJ**, Rio de Janeiro, v. 1, 2014. Disponível em: <http://www.pbmc.coppe.ufrj.br/documentos/RAN1_completo_vol1.pdf>

BARBOSA, L. M. **Lista de espécies indicadas para restauração Ecológica para diversas regiões do Estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto de Botânica, p. 7-344, 2017. Disponível em: <<https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/institutodebotanica/wp-content/uploads/sites/235/2019/10/lista-especies-rad-2019.pdf>>

BARBOSA, E. G. et al. Fire cues and germination of invasive and native grasses in the Cerrado. **Acta Botanica Brasilica**, v. 34, p. 185-191, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0102-33062019abb0337>>

BLAIR, J.; NIPPERT, J.; BRIGGS, J. Grassland Ecology. In: MONSON, R. (ed.) **Ecology and the Environment. The Plant Sciences**, v. 8. Springer, New York, NY. p. 389-423. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7501-9_14>

BONNA, J. L. Mapeamento pedológico e de suscetibilidade erosiva no alto córrego prata (Ouro Preto-MG). (Dissertação de mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, 2011. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1843/MPBB-8RBKX>>

BURYLO, M. et al. Plant root traits affecting the resistance of soils to concentrated flow erosion. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 37, n. 14, p. 1463-1470, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/esp.3248>>

CASTRO, J. M. G. et al. Proposição de procedimento preventivo de riscos geológicos em Ouro Preto-BR com base em histórico de ocorrências e sua correlação com a pluviosidade. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 42, n. 1, p. 58-66, 2012. Disponível em:

<[https://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/4724/1/ARTIGO_Proposi%
c3%a7%c3%a3oProcedimentoPreventivo.pdf](https://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/4724/1/ARTIGO_Proposi%c3%a7%c3%a3oProcedimentoPreventivo.pdf)>

CHEROBIN, S. F. **Estimativa de erosão e sua relação com os diferentes mecanismos erosivos atuantes: estudo da voçoroca Vila Alegre.** (Dissertação de mestrado) - Universidade Federal de Ouro Preto, MG. 2012. Disponível em: <<http://www.repositorio.ufop.br/jspui/handle/123456789/2967>>

COUTINHO, A. G. et al. Effects of initial functional-group composition on assembly trajectory in savanna restoration. **Applied Vegetation Science**, v. 22, n. 1, p. 61-70, 2019. Disponível em:

< <https://doi.org/10.1111/avsc.12420>>

DAIREL, M.; FIDELIS, A. The presence of invasive grasses affects the soil seed bank composition and dynamics of both invaded and non-invaded areas of open savannas. **Journal of Environmental Management**, v. 276, 111291, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111291>>

DE ASSIS, G. B. **Invasão do campo cerrado por braquiária (Urochloa decumbens): perdas de diversidade e técnicas de restauração.** (Tese de Doutorado) - Escola Nacional de Botânica Tropical, do Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2017. Disponível em:

<[https://w2files.solucaoatrio.net.br/atrio/jbrj-
pgenbt_upl/THESIS/200/tese_geissianyassis_defesa_20170817142506230.pdf](https://w2files.solucaoatrio.net.br/atrio/jbrj-pgenbt_upl/THESIS/200/tese_geissianyassis_defesa_20170817142506230.pdf)>

DE PAULA, A. et al. Riqueza, diversidade e composição florística em áreas de cerrado em regeneração e preservado na estação ecológica de Itirapina-SP. **Ciência Florestal**, v. 25, p. 231-238, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1980-509820152505231>>

FERNANDES, G. W. et al. The deadly route to collapse and the uncertain fate of Brazilian rupestrian grasslands. **Biodiversity Conservation**, v. 27, p. 2587-2603, 2018. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/170977>>

FERREIRA, V. M. et al. Influência antrópica e atributos de solo: inter-relações em ambientes de voçorocas na mesorregião Campos das Vertentes, MG. **Geografia**, v. 36, n. 1, p. 209-219, 2011. Disponível em: <<https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/4915>>

FIGUEIREDO, M. A. et al. Metabarcoding of Soil Fungal Communities in Rupestrian Grassland Areas Preserved and Degraded by Mining: Implications for Restoration. **Microbial Ecology** 1- 11, 2023. Disponível em: <[10.1007/s00248-023-02177-y](https://doi.org/10.1007/s00248-023-02177-y)>

FIGUEIREDO, M. A. et al. Direct seeding in the restoration of post-mined campo rupestre: Germination and establishment of 14 native species. **Flora**, v. 276, p. 151772, 2021. Disponível em:

<[https://s100.copyright.com/AppDispatchServlet?
publisherName=ELS&contentID=S0367253021000116&orderBeanReset=true](https://s100.copyright.com/AppDispatchServlet?publisherName=ELS&contentID=S0367253021000116&orderBeanReset=true)>

FIGUEIREDO, M. A.; BAÊTA, H. E.; KOZOVITS, A. R. Germination of native grasses with potential application in the recovery of degraded areas in Quadrilátero Ferrífero, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 12, p. 118-123, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1676-06032012000300013>>

FILGUEIRAS, T. S. Gramíneas do Cerrado. Ed. Póstuma, Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística **IBGE**. 2021. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101834>>

FONTENELE H, G. V. et al. Protected from fire, but not from harm: seedling emergence of savanna grasses is constrained by burial depth. **Plant Ecology and Diversity**, v. 13, n. 2, p. 189-198, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/17550874.2020.1729889>>

FRANÇOSO, R.D. et al. Delimiting floristic biogeographic districts in the Cerrado and assessing their conservation status. **Biodivers Conserv**, v. 29, p. 1477– 1500, 2019. Disponível em: DOI:<[10.1007/s10531-019-01819-3](https://doi.org/10.1007/s10531-019-01819-3)>

GOMES, V. M. **Heterogeneidade funcional edáfica e vegetalacional no campo rupestre**. (Tese de Doutorado) - Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais, 2020. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1843/35199>>

GOMIDE, P. H. O. et al. Vegetation characterization in gully areas as basis for soil conservation. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, p. 149-159, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000200006>>

HOFMANN G. S. et al. The Brazilian Cerrado is becoming hotter and drier. **Global Change Biology**, v. 27, n. 17, p. 4060-4073, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/gcb.15712>>

KOLB, R.M.; PILONN, A.L; DURIGAN, G. Factors influencing seed germination in Cerrado. **Acta Botanica Brasilica**, v. 30, n. 1, p. 87-92, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0102-33062015abb0199>>

LANA J. C. **Análise multiescalar dos condicionantes da gênese e evolução de voçorocas nas bacias do Rio das Velhas e do Rio Paraopeba, MG**. (Dissertação de Mestrado) - Departamento de Geologia da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais, 2022. Disponível em: <<http://www.repositorio.ufop.br/jspui/handle/123456789/15032>>

LIMA, Y. B. C.; DURIGAN, G.; SOUZA F.M. Germinação de 15 espécies vegetais do cerrado sob diferentes condições de luz. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 30, n. 6, 2014. Disponível em: <<https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/23274/15641>>

LIMÓN, A.; PECO, B. Germination and emergence of annual species and burial depth: Implications for restoration ecology. **Acta Oecologica**, v. 71, p. 8-13, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.actao.2016.01.001>>

LOU, Y. et al. Vegetation affects gully headcut erosion processes by regulating runoff hydrodynamics in the Loess tableland region. **Journal of Hydrology**, v. 616, 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128769>>

MACIEL, A.S. **Proposta de intervenção e recuperação de uma voçoroca na sub-bacia do Ribeirão do Prata**. (TCC NO PRELO), 2023.

MARQUES, T. E. D. et al. Crescimento de espécies nativas de Cerrado e de Vetiveria zizanioides em processos de revegetação de voçorocas. **Ciência Florestal**, v. 24, p. 843-856, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1980-509820142404005>>

- MARTINS, C. R. et al. Strategies for reintroduction and conservation of *Gymnopogon doellii*, an endemic grass at risk of extinction. **Rodriguésia**, v. 73, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/2175-7860202273088>>
- MOMOLI, R. S.; COOPER M. Erosão hídrica em solos cultivados e sob mata ciliar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, p. 1295-1305, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016000900029>>
- MORAIS, F. D.; BACELLAR L. D. A. P.; SOBREIRA F. G. Análise da erodibilidade de saprolitos de gnaiss. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 1055-1062, 2004. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-06832004000600014>>
- MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, D. Aims and methods of vegetation ecology. New York: Wiley, 1974. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/259466952_Aims_and_Methods_of_Vegetation_Ecology>
- NEGREIROS, D. et al. Caracterização físico-química de solos quartzíticos degradados e áreas adjacentes de campo rupestre na Serra do Cipó, MG, Brasil. **Neotrop Biol Conserv**, v. 6, p. 156– 161, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.4013/nbc.2011.63.02>>
- NUNES, P.A. **Dormência em sementes de espécies do cerrado com fins paisagísticos**. (Monografia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, 2018. Disponível em: <<https://bdm.unb.br/handle/10483/24505>>
- PARZANESE, G.A.C. **Gênese e desenvolvimento de voçorocas em solos originados de rochas granitóides na região de Cachoeira do Campo, Minas Gerais**. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 1991.
- PEREIRA, J. L.S. et al. Erosão hídrica em sistemas de preparo do solo sob chuva simulada no Cerrado Piauiense. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 2342-2356, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.34117/bjdv7n1-160>>
- POESEN, J. et al. Gully erosion and environmental change: importance and research needs. **Catena**, v. 50, n. 2-4, p. 91-133, 2003. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0341-8162\(02\)00143-1](https://doi.org/10.1016/S0341-8162(02)00143-1)
- PROCÓPIO, L.; BARRETO, C. The soil microbiomes of the Brazilian Cerrado. **Journal of Soils and Sediments**, v. 21, p. 2327-2342, 2021.
- RADAMBRASIL, P. Levantamentos de recursos naturais. **Folhas SF 23/24**. Rio de Janeiro/ Vitória. Rio de Janeiro: 1983. v. 32, 767p, 1983.
- RAMOS, D. M. **Ecologia e funções adaptativas da dormência em sementes de gramíneas campestres brasileiras** (Tese de Doutorado) - Departamento de Botânica da Universidade de Brasília, DF, 2015. Disponível em: <<https://repositorio.unb.br/handle/10482/19824>>
- RAUPP, P. P. et al. Direct seeding reduces the costs of tree planting for forest and savanna restoration. **Ecological Engineering**, v. 148, p. 105788, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2020.105788>>
- SAMPAIO, A. B. et al. Lessons on direct seeding to restore Neotropical savanna. **Ecological Engineering**, v. 138, p. 148-

154, 2109. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2019.07.025>>

SANO, E. E. et al. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 43, p. 153-156, 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2008000100020>>

SANTOS, C. A.; SOBREIRA F. G.; COELHO NETO A. L. Comportamento hidrológico superficial e erodibilidade dos solos da região de Santo Antônio do Leite, Distrito de Ouro Preto-MG. **Revista Escola de Minas**, v. 55, n. 4, p. 285-290, 2002. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0370-44672002000400010>>

SILVA, B. A.; DE LIMA GOMES A. J.; DOS SANTOS GOMES J. L. Erosão hídrica e antropogênica na formação de voçorocas na cidade de Teófilo Otoni. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 9, 2022. Disponível em: <<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/32312>>

SOBREIRA, F.G. Estudo das Erosões de Cachoeira do Campo - MG. **Relatório FAPEMIG, UFOP/EM/DEGEO**. Ouro Preto. 130p, 1998.

SOUSA, A. T.; FERREIRA, I. M. Diagnóstico de voçorocas em área de pastagem no município de morrinhos (GO). **Espaço em revista**, v. 19, n. 2, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.5216/er.v19i2.47817>>

VALENTIN, C.; POESEN, J; YONG, L. Gully erosion: Impacts, factors and control. **Catena**, v. 63, n. 2-3, p. 132-153, 2005. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.catena.2005.06.001>>

VERDUM, R.; VIEIRA, C. L.; CANEPPELE, J. C. G. **Métodos e técnicas para o controle da erosão e conservação do solo**. Porto Alegre: IGEO/UFRGS. 2016. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/189684/001007309.pdf>>.