



## Nodulação de leguminosas com potencial de uso na recuperação de áreas degradadas em campo rupestre quartzítico

André César PINHEIRO<sup>1</sup>, Michele Aparecida Pereira da SILVA<sup>1\*</sup>,  
Paula Alves OLIVEIRA<sup>2</sup>, Israel Marinho PEREIRA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, MG, Brasil.  
\*E-mail: michelesilva04@yahoo.com.br

Submetido em 18/04/2023; Aceito em 26/07/2023; Publicado em 06/09/2023.

**RESUMO:** Este trabalho teve o objetivo de avaliar a composição e estrutura de espécies leguminosas em formação vegetal de campo rupestre na Serra do Espinhaço Meridional, assim como verificar a diversidade de bactérias fixadoras de nitrogênio das espécies nodulíferas. O levantamento florístico foi realizado em uma área de Reserva Legal da empresa Anglo American no município de Conceição do Mato Dentro, Minas Gerais. A região está inserida na Borda Leste da Serra do Espinhaço Meridional e apresenta clima *Cwa*. Instalou-se 25 parcelas fixas (10 × 10 m) para a comunidade arbustivo-arbóreo e 60 parcelas fixas (1 × 2 m) para a comunidade herbáceo-subarbustivo no levantamento florístico. Foram estimadas a densidade absoluta e relativa, frequência absoluta e relativa para ambas as comunidades. Após o levantamento florístico prévio, realizou-se a coleta de 40 nódulos da raiz das espécies de *Calliandra fasciculata* e 23 de *Moldenbawera emarginata*. Em seguida, realizou-se o isolamento das bactérias dos nódulos provenientes das espécies *C. fasciculata* e *M. emarginata*. Foram avaliadas as características culturais dos isolados e a partir dos dados, foi possível agrupar os isolados por meio de um dendrograma cultural com a utilização do coeficiente de Jaccard, pelo *software* MVSP (Multivariate Statistical Package). Três espécies leguminosas foram registradas em ambos as comunidades, totalizando 1.192 indivíduos distribuídos entre *C. fasciculata* (com 1080 ind.), *M. emarginata* (com 86 ind.) e *Periandra mediterranea* (com 26 ind.). Contudo, na espécie *P. mediterranea* não foi constatada nodulação em campo. A espécie *C. fasciculata* foi responsável por 92,62% do total de indivíduos. A partir das características morfológicas avaliadas, dos 23 isolados de *C. fasciculata*, obteve-se 6 grupos culturais. Este resultado sugere alta diversidade morfofisiológica de bactérias fixadoras de nitrogênio nodulando essa espécie em ambiente de campo rupestre quartzítico. Devido à importância desta espécie, recomenda-se seu uso em projetos de recuperação, especialmente em ambientes semelhantes ao deste estudo.

**Palavras-chave:** endemismo; Fabaceae; nitrogênio; nodulação.

## Nodulating legumes with potential for use in the recovery of degraded areas in quartzite rocky fields

**ABSTRACT:** The objective of this work was to evaluate the composition and structure of leguminous species in the vegetal formation of rocky fields in Serra do Espinhaço Meridional, as well as to verify the diversity of nitrogen-fixing bacteria of the nodular species. The floristic survey was carried out in a reserve area based in the municipality of Conceição do Mato Dentro, Minas Gerais. The region is located on the eastern edge of the Serra do Espinhaço Meridional and has a *Cwa* climate. Twenty-five fixed plots (10 × 10 m) were installed for the shrub-tree compartment and 60 fixed plots (1 × 2 m) for the herb-subshrub compartment to carry out the floristic survey. Absolute and relative density, absolute and relative frequency were estimated for both compartments. After the previous floristic survey, 40 root nodules of the species of *Calliandra fasciculata* and 23 of *Moldenbawera emarginata* were collected. Afterward, bacteria were isolated from the nodules of *C. fasciculata* and *M. emarginata*. The cultural characteristics of the isolates were evaluated and from the data, it was possible to group the isolates through a cultural dendrogram using the Jaccard coefficient, using the MVSP (Multivariate Statistical Package) software. Three leguminous species were recorded in both compartments, totaling 1192 individuals distributed among *C. fasciculata* (with 1080 ind.), *M. emarginata* (with 86 ind.) and *Periandra mediterranea* (with 26 ind.). However, for the species *P. mediterranea*, no nodulation was observed in the field. The species *C. fasciculata* was responsible for 92.62% of the total number of individuals. From the morphological characteristics successfully evaluated, of the 23 isolates of *C. fasciculata*, 6 cultural groups were obtained. This result suggests high morphophysiological diversity of nitrogen-fixing bacteria nodulating this species in a quartzite rock field environment. Due to the importance of this species, its use in recovery projects is recommended, especially in environments similar to the one in this study.

**Keywords:** endemism; Fabaceae; nitrogen; nodulation.

## 1. INTRODUÇÃO

Os campos rupestres caracterizam-se por possuir formações vegetais campestres, principalmente herbáceo-arbustivas, com presença de afloramentos rochosos e solos rasos, geralmente em altitudes mais elevadas (em geral acima de 900 m). Estes ambientes apresentam grande variação florística determinada pelas condições extremas como alta incidência de luz, solos pouco profundos marcados por baixa umidade e pobreza nutricional, exibindo assim alto grau de endemismo, além de muitas espécies ameaçadas de extinção (JACOBI; CARMO, 2011).

Esse ecossistema está dentre os mais ameaçados de Minas Gerais (SALGADO; CARMO, 2015). Ainda, segundo estes autores, esta realidade pode estar relacionada às atividades de mineração nessas regiões, que muitas vezes causam vários impactos e passivos ambientais gerando a necessidade de se recuperar estas áreas. Segundo Lima et al. (2006), um fator determinante no insucesso nos programas de recuperação de áreas degradadas por mineração em campos rupestres é exatamente o baixo nível de informação sobre esses ecossistemas.

Informações sobre a ecologia e os critérios de seleção das espécies a serem utilizadas em projetos de recuperação de áreas degradadas são importantes (MESSIAS et al., 2012), considerando que as condições estruturais e químicas em que se encontram os solos degradados não sejam adequadas a sobrevivência, ao desenvolvimento e ao estabelecimento de diversas espécies vegetais. Além disso, o uso de espécies nativas em projetos de recuperação pode ser considerado uma das técnicas mais adequadas já que estas espécies geralmente estão mais adaptadas às condições ambientais locais, favorecendo a resiliência destas áreas (FELFILI et al., 2000).

A utilização de espécies da família botânica Fabaceae, também conhecida como leguminosas, de qualquer hábito, se torna uma prática eficiente na recuperação de áreas degradadas já que grande parte são capazes de estabelecer simbiose com bactérias que fixam biologicamente o nitrogênio atmosférico. As leguminosas nodulíferas caracterizam uma relação simbiótica entre estas plantas e bactérias fixadoras de nitrogênio que ocorre dentro do nódulo. Existem várias espécies de bactérias que são capazes de fixar o nitrogênio atmosférico em simbiose com as leguminosas. Entre os principais gêneros de bactérias fixadoras de nitrogênio, destacam-se: *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Sinorhizobium*, *Mesorhizobium*.

A implantação de leguminosas pode ser considerada de baixo custo e com bons resultados, sendo bastante recomendada por diversos autores como alternativa de cobrir a área rapidamente, auxiliando na proteção, conservação do solo e manutenção da fertilidade por meio da adubação verde (SILVA, 2022).

Estudos sobre a ocorrência dessas espécies em seus ambientes nativos, bem como sua associação com microrganismos, podem subsidiar os projetos de recuperação de áreas degradadas, principalmente em campos rupestres, devido às suas características peculiares e aos desafios enfrentados na recuperação destes ambientes. Dessa forma, este estudo teve o objetivo de avaliar a composição e estrutura de espécies leguminosas em formação vegetal de campo rupestre quartzítico na Borda Leste da Serra do Espinhaço Meridional, assim como verificar a nodulação e

diversidade morfológica de bactérias fixadoras de nitrogênio das espécies nodulíferas.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Localização e caracterização da área de estudo

O levantamento florístico foi realizado em uma área de Reserva Legal da Anglo American no município de Conceição do Mato Dentro, Minas Gerais, conforme apresentado na Figura 1. Esta região encontra-se na Borda Leste da Serra do Espinhaço Meridional e apresenta clima *Cwa* segundo classificação de Köppen (SÁ JÚNIOR et al., 2012), com temperatura e precipitação médias anuais em torno de 20 °C e 1.450 mm, respectivamente.

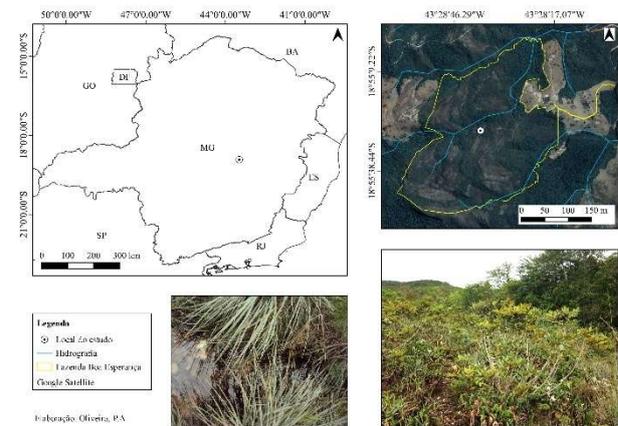


Figura 1. Localização da área de estudo e sua vegetação típica.  
Figure 1. Location of the study area and its typical vegetation.

A Reserva Legal (Fazenda Boa Esperança) possui uma área de 191,46 ha e está localizada entre as coordenadas 659700 m E e 661610 m E de longitude e 7907900 m S e 7906200 m S de latitude – UTM 23K. Possui uma altitude média de 770 metros e um desnível máximo de 50 metros. No local, ocorre predomínio da vegetação típica de campo rupestre quartzítico, com remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual e áreas de pastagem no entorno.

O local de estudo foi selecionado por ser a área de campo rupestre quartzítico de maior representatividade da fitofisionomia dentro da reserva. Próximo ao limite inferior da área de estudo, há uma mata de galeria sobre curso d'água perene e com solos de maior umidade. Além disso, devido ao relevo irregular que este local apresenta, forma-se uma linha de drenagem no centro da área amostral, com solos ainda mais úmidos em comparação ao entorno. Os solos foram classificados como sendo ácidos (pH em água de 4,18 a 5,27), com textura arenosa, sendo classificados como Neossolos Litólicos Distróficos, de acordo com o Mapa de Solos do Brasil.

### 2.2. Estrutura e composição das espécies leguminosas

No levantamento florístico, foi utilizada a amostragem preferencial, na qual delimitou-se uma área de 50 × 50 m (0,25 ha) em ambiente de campo rupestre quartzítico (OLIVEIRA et al., 2017). A amostragem da vegetação diferenciou-se de acordo com o hábito das plantas, o qual se baseia na altura e na presença ou não de lenho nas plantas. Para a comunidade de hábito arbustivo-arbóreo, cinco faixas contíguas de 10 × 50 m foram alocadas e subdivididas em

parcelas fixas de 10 × 10 m, totalizando 25 unidades amostrais. Na amostragem da comunidade de hábito herbáceo-subarbusciva, em cada faixa foram instaladas 12 parcelas fixas de 2×1 m aleatoriamente distribuídas, totalizando 60 unidades (0,012 ha). Todos os indivíduos pertencentes à família botânica Fabaceae foram registrados em ambas as comunidades. Os parâmetros fitossociológicos foram estimados por espécie, sendo densidades absoluta e relativa, frequências absoluta e relativa, utilizando metodologia proposta por Mueller-Dombois; Ellenberg (1974) e adaptada segundo Munhoz; Felfili (2006).

### 2.3. Diversidade morfológica de bactérias fixadoras de nitrogênio

Com base no levantamento florístico prévio na área, identificando as espécies leguminosas nodulíferas, foi realizada a coleta de nódulos no campo. Coletou-se 40 nódulos de raízes da espécie *Calliandra fasciculata* Benth e 23 nódulos de *Moldenbawera emarginata* (Spreng) L. P. Queiroz; Alkin, nos pontos georeferenciais 660292.930675 m W e 7906862.35907 m S e 660281.254125 m W e 7906865.53432 m S, respectivamente. Ressalta-se que a espécie *Periandra mediterranea* (Vell.) Taub. também ocorreu na área de estudo, no entanto, a partir da investigação de vários indivíduos desta leguminosa, não foram encontrados nódulos no campo, mesmo havendo registro de nodulação para essa espécie na literatura (FARIA et al., 2011).

A coleta dos nódulos ocorreu em novembro, na estação quente e chuvosa da região. Para a coleta foram retirados do solo os sistemas radiculares das espécies leguminosas, utilizando-se um sacho e escavando-se com atenção às raízes secundárias a partir do tronco até suas ramificações (raízes finas), local onde geralmente se encontram os nódulos (MOREIRA; SILVA, 1993). Para tal, evitou-se que os nódulos se destacassem das raízes. Após coletados, os nódulos foram armazenados em sacos plásticos e posteriormente lavados em água corrente com auxílio de uma peneira. Após isso, foram transferidos e guardados individualmente em frascos de vidro com tampa rosqueada, contendo um chumaço de algodão na parte superior e sílica gel na parte inferior. Manteve-se o armazenamento até a próxima etapa do trabalho, que consistiu no isolamento das bactérias dos nódulos.

### 2.4. Isolamento e caracterização cultural dos isolados

O isolamento das bactérias foi realizado utilizando 40 nódulos provenientes da espécie *C. fasciculata* e 23 da espécie *M. emarginata*. Antes do processo de isolamento, os nódulos foram lavados e reidratados em água destilada, por uma hora. Em seguida, foram imersos em álcool etílico 95% por 30 segundos, com o objetivo de quebrar a tensão superficial, imersos em peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) por um minuto para desinfestar a superfície do nódulo e logo após, lavados seis vezes com água destilada para a retirada do peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). Após esta etapa, os nódulos foram macerados em placas contendo meio de cultura 79 (FRED; WAKSMAN, 1928) e em seguida espalhou-se o material em forma de estrias compostas a fim de diluir este material e obter as colônias isoladas. As bactérias foram cultivadas em estufa sob temperatura de 28°C.

As seguintes características culturais foram avaliadas: alteração do pH do meio de cultura após o crescimento da bactéria (ácido, neutro ou alcalino); taxa de crescimento,

avaliada pelo tempo de formação de colônias isoladas (1 dia, crescimento muito rápido; 2-3 dias, crescimento rápido; 4-5 dias, crescimento intermediário; 6-10 dias, crescimento lento; mais de 10 dias, crescimento muito lento); características das colônias: cor das colônias (creme, branca, amarela ou rosa); diâmetro das colônias (mm); borda (inteira, irregular ou lobada); forma (circular, irregular ou puntiforme); elevação (plana, lenticular, convexa ou pulvinada); detalhes ópticos (translúcida, transparente, brilhante ou opaca) e consistência da colônia (seca, aquosa, gomosa, butírica ou viscosa). O muco produzido pelas células foi avaliado quanto à quantidade (escasso, pouco, moderado ou abundante) (MOREIRA, 1991).

Na caracterização dos isolados utilizou-se letras iniciais referentes ao nome da espécie leguminosa, seguida do referido número do isolado obtido do respectivo nódulo (ex. CF21, que corresponde a *C. fasciculata*, isolado 21). Com os dados de caracterização morfológica dos isolados, construiu-se uma matriz binária a fim de agrupá-los através de um dendrograma cultural pelo método da média aritmética não ponderada (UPGMA), com a utilização do coeficiente de Jaccard e o software MVSP (Multivariate Statistical Package) (KOVACH, 2004).

## 3. RESULTADOS

### 3.1. Estrutura e composição das espécies leguminosas

Registrou-se duas espécies representantes da família Fabaceae na comunidade arbustivo-arbóreo, totalizando 4.664 indivíduos/ha, distribuídos entre as espécies *C. fasciculata* (com 4.320 indivíduos/ha), *M. emarginata* (com 344 indivíduos/ha). Os valores de densidade absoluta e relativa e frequência absoluta e relativa para a comunidade arbustivo-arbórea são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Densidades absoluta e relativa e frequências absoluta e relativa das espécies leguminosas da comunidade arbustivo-arbórea, no levantamento realizado na fazenda “Boa Esperança”, município de Conceição do Mato Dentro, MG.

Table 1. Absolute and relative densities and absolute and relative frequencies of the leguminous species of the shrub-tree community, in the survey carried out at the “Boa Esperança” farm, in the municipality of Conceição do Mato Dentro, MG.

Espécie	DA	DR	FA	FR
<i>Calliandra fasciculata</i> Benth	4.320	92,62	100,0	65,79
<i>Moldenbawera emarginata</i> Spreng.	344	7,38	52,0	34,21
Total	4.664	100	152	100

em que: DA = Densidade Absoluta (número de indivíduos/ha); DR = Densidade Relativa; FA = Frequência Absoluta (número de ocorrências das espécies por unidade de amostra) e FR = Frequência Relativa.

### 3.2. Isolamento, caracterização cultural e diversidade de bactérias

Vale ressaltar que a etapa de caracterização cultural foi realizada somente para *C. fasciculata*, já que para *M. emarginata* não se obteve um número suficiente de isolados (apenas dois) a fim de montar um dendrograma de similaridade. As características morfofisiológicas estão apresentadas na Figura 2. A maioria dos isolados acidificou (faixa de pH entre 6,0 e 6,8 o meio de cultura (82,06%) e a percentagem daqueles que neutralizaram o meio foi de 17,39%, sendo que para esta característica nenhum isolado alcalinizou o meio de cultura (Figura 2). A produção de pouco muco foi observada para 56,5% dos isolados e abundante para 43,47%, com consistência gomosa para 73,91% deles.

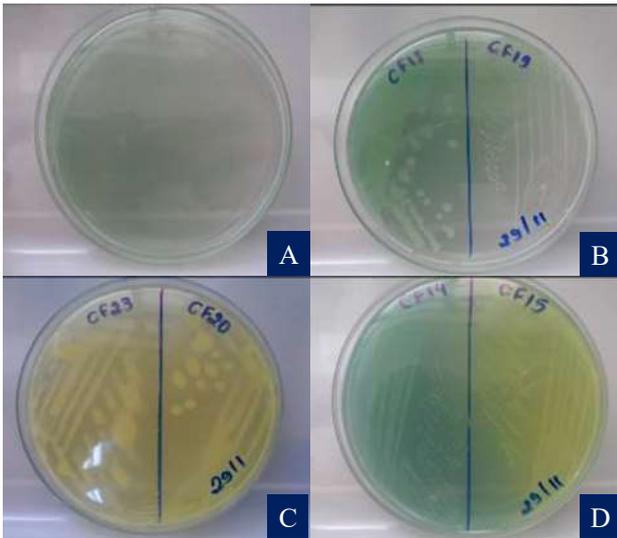


Figura 2. Colônias isoladas fenotipicamente diferentes em função coloração e da mudança de pH. Figura A: meio de cultura. Figura B: pH neutro para ambos os isolados. Figura C: pH ácido para ambos os isolados. Figura D: pH neutro do lado esquerdo neutro e do lado direito ácido.

Figure 2. Phenotypically different isolated colonies as a function of color and pH change. Figure A: culture medium. Figure B: Neutral pH for both isolates. Figure C: Acidic pH for both isolates. Figure D: Neutral pH on the neutral left side and acidic on the right side.

As cromogêneses creme e branca das colônias foram verificadas para 78,26% e 21,73% dos isolados, respectivamente. Predominaram isolados com forma puntiforme e circular para 56,52% e 43,47 respectivamente e absorção de indicador negativa para todos os isolados. Como a taxa de crescimento foi rápida (2-3 dias) para 100% dos isolados e nenhum isolado alcalinizou o meio de cultura. Esses resultados sugerem que gêneros como *Bradyrhizobium*, que alcalinizam o meio de cultura e com taxa de crescimento lenta, não estaria nodulando a espécie em questão. O gênero *Azorhizobium* poderia então ser descartado para esta espécie pelo fato de também não alcalinizar o meio de cultivo.

A partir das características morfológicas avaliadas dos 23 isolados de *C. fasciculata*, foram obtidos seis grupos culturais por meio do agrupamento realizado pelo dendrograma cultural analisado a 80% de similaridade (Figura 3).

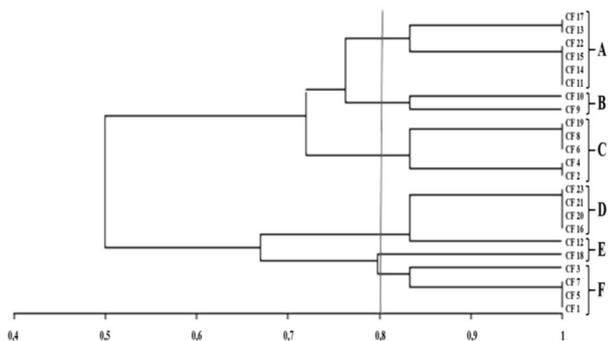


Figura 3. Dendrograma de similaridade construído com utilização do coeficiente de Jaccard e algoritmo UPGMA, baseado em características fenotípicas culturais de bactérias isoladas de *C. fasciculata* com grupos formados a 80% de similaridade.

Figure 3. Similarity dendrogram constructed using the Jaccard coefficient and UPGMA algorithm, based on cultural phenotypic characteristics of bacteria isolated from *C. fasciculata* with groups formed at 80% similarity.

O grupo A apresentou o maior número de isolados em relação aos outros (6), seguido dos grupos C e D que apresentaram 5 e 5 isolados, respectivamente. Os grupos B e E apresentaram menor número de isolados (2). Este agrupamento revelou grande diversidade de isolados proveniente desta espécie na condição da fitofisionomia campo rupestre quartzítico. Esta diversidade encontrada no trabalho estaria restrita a gêneros condizentes às características culturais de *Rhizobium*, *Sinorhizobium*, *Mezorhizobium* e *Allorhizobium*. Certamente, um experimento futuro de autenticação para confirmar a nodulação e a identificação molecular deve ser realizado para comprovar os resultados encontrados.

#### 4. DISCUSSÃO

A espécie *C. fasciculata* possui hábito arbustivo, ocorre geralmente em afloramentos rochosos, em bordas rochosas de cursos d'água, campos rupestres e é endêmica das regiões mais elevadas do centro e norte de Minas Gerais (BARNEBY; GRIMES, 1998). A alta densidade e frequência desta espécie indicam que ela possui alta adaptação às condições da reserva. Além disso, a área onde mais ocorre está localizada próxima a um curso d'água, corroborando o que foi descrito por estes autores. Com base em dados de herbários virtuais (Reflora e speciesLink) e consultas à literatura, nota-se o predomínio desta espécie na região onde foi realizado o estudo.

A floração e a frutificação desta espécie ocorrem de janeiro a maio e de agosto a novembro, respectivamente (BORGES, 2013). Esta característica pode ser considerada vantajosa em projetos de recuperação, já que em boa parte do ano essa planta atrai polinizadores e dispersores de seus propágulos na área (BORGES, 2010). Outra característica interessante e desejada, encontrada em outra espécie deste mesmo gênero (*Calliandra linearis* Benth.) é a presença de rizomas. Tal característica permite sua reprodução assexuada, ocupação de ambientes mais amplos e heterogêneos, além de formar uma rede que confere maior resistência a estas plantas, entre outros. Contudo, necessita-se de estudos o potencial de reprodução assexuada na espécie *C. fasciculata*.

A espécie *M. emarginata* é uma leguminosa pertencente ao grupo Caesalpinioideae, possui hábito arbustivo-arbóreo, dependendo do local de ocorrência (características do solo, principalmente) e é endêmica da região norte de Minas Gerais, ocorrendo geralmente em formações de campo rupestre (QUEIROZ, 1997).

Na comunidade herbáceo-subarbusciva registrou-se apenas uma espécie de leguminosa (*Periandra mediterrânea*) estimando-se 2.167 indivíduos/ha e frequência absoluta de 18,33%. Apesar do grande número de representantes na área, não foram encontrados nódulos em campo para esta espécie, nesta ocasião. Contudo, há relatos (FARIA et al., 2011) sobre a obtenção de nódulos em campo desta mesma espécie em áreas de vegetação de canga (savana metalófito) na região de Carajás (estado do Pará).

As características culturais são o passo primordial para identificar novos micro-organismos e auxiliar nos estudos de diversidade. No entanto, não geram informações sobre as relações evolutivas entre os organismos, portanto, técnicas moleculares são necessárias para suprir essa deficiência dos métodos tradicionais. Apesar disso, por meio dessas características, os gêneros de *Rhizobium* descritos até o momento podem ser diferenciados em meio de cultura 79

(FRED; WAKSMAN, 1928; MOREIRA; SIQUEIRA, 2006) como constatado por Guimarães et al., 2012 que identificou bactérias de crescimento lento alcalinizando o meio de cultura e identificadas como *Bradrhizobium* spp., com 100% de similaridade pelo sequenciamento do 16S rRNA. A avaliação das características culturais é uma ferramenta simples e barata, porém, durante todo o processo de avaliação das colônias deve-se manter um rigor quanto aos padrões comparativos de estirpes já descritas (MARTINS et al., 1997).

## 5. CONCLUSÕES

Neste estudo, foram identificadas duas espécies de leguminosas nodulíferas em uma formação vegetal de campo rupestre quartzítico na Borda Leste da Serra do Espinhaço Meridional. Os resultados obtidos revelaram uma notável diversidade morfológica das bactérias fixadoras de nitrogênio que nodulam a leguminosa *C. fasciculata* nessa área específica.

Além disso, a espécie *C. fasciculata* exibiu características altamente promissoras para o uso em programas de recuperação de áreas similares às estudadas. Essas características desejáveis sugerem que essa leguminosa pode desempenhar um papel crucial na melhoria da qualidade do solo e na restauração da vegetação em ecossistemas de campo rupestre quartzítico.

Essas descobertas fornecem informações valiosas para futuros esforços de restauração e conservação desses ambientes frágeis, destacando a relevância da simbiose entre leguminosas nodulíferas e bactérias fixadoras de nitrogênio para a sustentabilidade ecológica da região. Considerando as características benéficas observadas na espécie *C. fasciculata*, sua incorporação em projetos de restauração pode potencialmente contribuir para a preservação e regeneração desses ecossistemas únicos.

## 6. REFERÊNCIAS

- ARAÚJO FILHO, J. A. Avaliação de leguminosas arbóreas, para recuperação de solos e repovoamento em áreas degradadas, Quixeramobim-CE. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 2, p. 1592-1595, 2007.
- BARNEBY, R. C.; GRIMES, J. W. Silk Tree, Guanacaste, Monkey's Earring - A generic system for the synandrous Mimosaceae of the Americas. Part III - *Calliandra*. **Mem. New York Botanical Garden**, v. 74, n. 3, p. 1-223, 1998.
- BORGES, L. M. **Mimosoideae na Serra do Cipó, Minas Gerais e análise da variabilidade morfológica de Mimosa macedoana Burkart**. 104p. Dissertação [Mestrado em Botânica] - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.
- BORGES, L. M.; PIRANI, J. R. Flora da serra do cipó, Minas Gerais: Leguminosae – Mimosoideae. **Boletim de Botânica**, v. 31, n. 1, p. 41-97, 2013. <http://doi.org/10.11606/issn.2316-9052.v31i1p41-97>
- EITEN, G. **Classificação da vegetação do Brasil**. Brasília, CNPq/Coordenação Editorial. 1983. 305p.
- ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L.; TEIXEIRA, M. G.; URQUIAGA, S. Decomposição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 2, p. 321-328. 2006. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832006000200012>
- FARIA, S. M. de; CAMPELO, E. F. C. **Algumas espécies de leguminosas fixadoras de nitrogênio recomendadas para vegetação de áreas degradadas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2000. 8p. (Recomendação Técnica, 7)
- FARIA, S. M. de; MORAES, L. F. D.; LIMA, H. C. de; RIBEIRO, R. D.; MATTOS, C. M. J. de; RODRIGUES, T. M.; CASTILHO, A. F.; CANOSA, G. A.; SILVA, M. A. P. da. **Composição florística de leguminosas com potencial para fixação biológica de nitrogênio em áreas de vegetação de canga (savana metalófito) do entorno do complexo minerador de Carajás**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2011. 20p. (Comunicado Técnico, 140)
- FELFILI, J. M.; RIBEIRO, J. G.; FAGG, C. W.; MACHADO, J. W. B. **Recuperação de matas de galeria**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 2000. 45p.
- FRANCO, A. A.; FARIA, S. M. The contribution of N<sub>2</sub>-fixing tree legumes to land reclamation and sustainability in the tropics. **Soil Biology and Biochemistry**, v.29, p. 897-903, 1997.
- FRED, E. B.; WAKSMAN, S. A. **Laboratory manual of general microbiology: with special reference to the microorganisms of the soil**. New York: McGraw-Hill, 1928. 145p.
- GUIMARÃES, A. A.; JARAMILLO, P. M. D.; NÓBREGA, R. S. A. N.; FLORENTINO, L. A.; SILVA, K. B. S.; MOREIRA, F. M. S. Genetic and symbiotic diversity of nitrogen-fixing bacteria isolated from agricultural soils in the Western Amazon by using cowpea as the trap plant. **Applied and Environmental Microbiology**, c. 78, p. 6726-6733, 2012. <https://doi.org/10.1128/AEM.01303-12>
- JACOBI, C. M.; CARMO, F. F.; CAMPOS, I. C. Soaring extinction threats to endemic plants in Brazilian metal-rich regions. **AMBIO**, v. 40, p. 540-543, 2011. <https://doi.org/10.1007/s13280-011-0151-7>
- KOVACH, W. L. **MVSP (Multivariate Statistical Package)**, version 3.13m. Wales: Kovach Computing Service, 2004. 53p.
- LIMA, H. M.; FLORES, J. C. C.; COSTA, F. L. Plano de recuperação de áreas degradadas versus plano de fechamento de mina: um estudo comparativo. **Revista Escola de Minas**, v. 59, p. 397-402, 2006.
- MARTINS, L. M. V.; XAVIER, G.; R.; NEVES, M. C. P.; RUMJANEK, N. G. **Características relativas ao crescimento em meio de cultura e a morfologia de colônias de rizóbio**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 1997. 14p. (Comunicado técnico, 19)
- MESSIAS, M. C. T. B.; LEITE, M. G. P.; MEIRA-NETO, J. A. A.; KOZOVITS, A. R. Fitossociologia de campos rupestres quartzíticos e ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, p. 230-242, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062012000100022>
- MOREIRA, F. M. S. **Caracterização de estirpes de rizóbio isoladas de espécies florestais pertencentes a diversos grupos de diversos grupos de divergência de Leguminosae introduzidas ou nativas da Amazônia e Mata Atlântica**. 152p. Tese [Doutorado Ciências do Solo] - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 1991.

- MOREIRA, F. M. S.; SILVA, M. F. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi I**. Belém: Associação Rizóbio-leguminosas na Amazônia, v. 1. 1993. (Série Botânica, 9),
- MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1974. 547p.
- MUNHOZ, C. B. R.; FELFILI, J. M. Fitossociologia do estrato herbáceo-subarbusivo de uma área de campo sujo no Distrito Federal, Brasil. **Acta Botanica Brasílica**, v. 20, p. 671-685, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062006000300017>
- PERIN, A.; GUERRA, J. G. M.; TEIXEIRA, M. G.; PEREIRA, M. G.; FONTANA, A. Efeito da cobertura viva com leguminosas herbáceas perenes na agregação de um Argissolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 713-720, 2002.
- QUEIROZ, L. P. de. Novas combinações em *Moldenbawera* schrad. e *Cratylia mart.* ex Benth. e uma nova variedade de *Zornia brasiliensis* Vog. (Leguminosae). **Boletim de Botânica**, v. 16, p. 107-109, 1997.
- SÁ JÚNIOR, A.; CARVALHO, L. G.; DA SILVA, F. F.; CARVALHO ALVES, M. Application of the Köppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 108, n. 1, p. 1-7, 2012. <https://doi.org/10.1007/s00704-011-0507-8>
- SALGADO, A. A. R.; CARMO, F. F. Quadrilátero Ferrífero: A Beautiful and Neglected Landscape Between the Gold and Iron Ore Reservoirs. In: B.C. VIEIRA, B. C.; SALGADO, A. A. R.; SANTOS, L. J. C. **Landscapes and Landforms of Brazil, World Geomorphological Landscapes**. Amsterdam: Springer, 2015. p. 319-330.
- SILVA, M. A. P. S. **Restauração ecológica**. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2022. 128p. (Série Universitária)

**Agradecimentos:** À empresa Anglo American Minério de Ferro Brasil os nossos agradecimentos por todo apoio logístico e financeiro durante a condução do trabalho.

**Contribuição dos autores:** A.C. P. - conceituação, metodologia, coleta de dados, redação e revisão; M.A.P.S - pesquisa, redação, coleta de dados, revisão e formatação; P.A.O. - metodologia, coleta de dados, análise estatística, pesquisa, redação; I. M. P – conceituação, redação, revisão e validação. Todos os autores leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito.

**Revisão por comitê institucional:** *Não se aplica.*

**Comitê de Ética:** *Não se aplica.*

**Disponibilização de dados: Contribuição dos autores:** Os dados da pesquisa serão disponibilizados mediante solicitação através do e-mail da autora correspondente.

**Conflito de Interesse:** Os autores declaram que não existem conflitos de interesse com outros pesquisadores ou instituições.