



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**  
**Programa de Pós-graduação em Análise e**  
**Modelagem de Sistemas Ambientais**



**ANÁLISE DO AMBIENTE E MODELAGEM DA FAVORABILIDADE DE  
OCORRÊNCIA DO FAVEIRO-DE-WILSON (*Dimorphandra wilsonii rizzini*) NA  
REGIÃO DA BACIA DO CÓRREGO MARINHEIRO EM MINAS GERAIS**

**MAX PAULO ROCHA PEREIRA**

**Belo Horizonte**

**2018**

MAX PAULO ROCHA PEREIRA

**ANÁLISE DO AMBIENTE E MODELAGEM DA FAVORABILIDADE DE  
OCORRÊNCIA DO FAVEIRO-DE-WILSON (*Dimorphandra wilsonii rizzini*) NA  
REGIÃO DA BACIA DO CÓRREGO MARINHEIRO EM MINAS GERAIS**

**Versão Final**

Defesa de dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais.

Orientadora: Profa. Dra. Adriana Monteiro da Costa

Co-orientador: Prof. Dr. João Herbert Moreira Viana

Belo Horizonte

2018

P436a  
2018

Pereira, Max Paulo Rocha.

Análise do ambiente e modelagem da favorabilidade de ocorrência de Faveiro-de-Wilson (*Dimorphandra wilsonii rizzini*) na região da Bacia do Córrego Marinheiro em Minas Gerais [manuscrito] / Max Paulo Rocha Pereira. – 2018.

52 f., enc.: il. (principalmente color.)

Orientadora: Adriana Monteiro da Costa.

Coorientador: João Herbert Moreira Viana.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Cartografia, 2018.

Inclui bibliografias.

Inclui anexos.

1. Modelagem de dados – Aspectos ambientais – Teses. 2. Espécies em extinção – Minas Gerais – Teses. 3. Mapeamento do solo – Minas Gerais – Teses. I. Costa, Adriana Monteiro da. II. Viana, João Herbert Moreira. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Departamento de Cartografia. IV. Título.

CDU: 911.2:519.6(815.1)



## FOLHA DE APROVAÇÃO

RELAÇÃO SOLO-PAISAGEM E MODELAGEM DA FAVORABILIDADE DE OCORRÊNCIA DO FAVEIRO-DE-WILSON (*Dimorphandra wilsonii rizzini*) NA REGIÃO DA BACIA DO CÓRREGO MARINHEIRO EM MINAS GERAIS.

### MAX PAULO ROCHA PEREIRA

Dissertação submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ANÁLISE E MODELAGEM DE SISTEMAS AMBIENTAIS, como requisito para obtenção do grau de Mestre em ANÁLISE E MODELAGEM DE SISTEMAS AMBIENTAIS, área de concentração ANÁLISE E MODELAGEM DE SISTEMAS AMBIENTAIS.

Aprovada em 15 de fevereiro de 2018, pela banca constituída pelos membros:

Profª. Adriana Monteiro da Costa - Orientadora  
UFMG

Prof. João Herbert Moreira Viana - Coorientador  
Embrapa

Prof. Thomaz Correa e Castro da Costa  
Embrapa

Profª. Sonia Maria Carvalho Ribeiro  
UFMG

Prof. Fernando Moreira Fernandes  
Fundação Zoobotânica

Belo Horizonte, 15 de fevereiro de 2018.

Aos meus pais, Paulo e Branca, força, coragem e inspiração para minha trajetória.  
A Lula e Dilma por realizarem a revolução educacional que possibilitou que pessoas como  
eu chegassem até aqui.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a minha família pelo apoio e compreensão de sempre.

A minha orientadora Profa. Dra. Adriana Monteiro da Costa pela orientação e cuidado até aqui, sem ela eu certamente não teria chegado tão longe.

Ao Prof. Dr. João Herbert pelo aprendizado e dedicação a pesquisa.

Ao senhor Eng<sup>o</sup> Florestal Fernando Fernandes da fundação Zoobotânica pelo apoio com os dados e disponibilidade de participar da banca.

Ao pesquisador Thomaz Correa pelo empréstimo dos equipamentos para coleta de dados dendrométricos e pelas sugestões.

Aos meus amigos do Programa de Pós-graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais, em especial a Nina, Fernanda Z. e Érika aos meus companheiros da esquerda modelagem (Nunes, Fernanda, Clara, Leilson, Isabela, Matheuzinho, Linda e Hélio).

Aos meus amigos queridos que me ajudaram muito nos momentos difíceis, em especial a Cecília, Queila e Érica.

Ao professor Rodrigo Nóbrega, pela oportunidade de trabalho neste período e a professora Camila pelo auxílio com a estatística.

Aos companheiros do Laboratório de Solos e Meio Ambiente, núcleo ISZA e grupo de estudos em Solos e Sustentabilidade GEIS.

Ao Hugo pelo auxílio na coleta de dados em campo, Dayane, Laís, Pauline e Marcelo pelo auxílio com a realização das análises laboratoriais.

À Amanda que muito ajudou com a disponibilização de base de dados e indicações metodológicas.

A Elaine pelo auxílio na modelagem.

Aos companheiros da república sense8 pela companhia.

Aos proprietários que permitiram a entrada em seus terrenos para coleta de dados.

Aos membros da banca que se disponibilizaram a contribuir para a conclusão desta etapa.

Características inerentes ao comportamento,  
seu relógio não é o que define o tempo.  
Não confunda evolução com desenvolvimento, nem  
natureza selvagem com a natureza morta da  
jardinagem.  
O princípio da “reação em cadeia” desencadeia uma  
resposta exata, quão inata, muitas vezes mata.  
Mecanismos vitais de auto regulação,  
que pelo equilíbrio a intenção, de manter estável essa  
linda oscilação.  
Dinâmica precisa, incisiva à sua intervenção. Aqui se  
faz, aqui se paga,  
a natureza enquanto uma entidade que te traga, a  
separação do "já vai tarde partir",  
e que regurgite o que é difícil de engolir.  
Na senda natural, organismos que competem entre si,  
trabalhando juntos para o mesmo ressurgir.  
No asfalto e no concreto, indivíduos que competem  
entre si, trabalhando separados para o mesmo destruir.  
Marconi - Sete Ecos

## RESUMO GERAL

A biodiversidade é consequência de um conjunto de forças evolutivas que vem sendo aprimoradas a milhares de anos, através das interações entre as espécies e também das interações destas com os seus respectivos ambientes de ocorrência. A extinção de espécies florestais ameaça diretamente a manutenção da biodiversidade e por isso, esse fenômeno vem ganhando espaço nos debates acerca das alterações ambientais, causadas principalmente, pela ação antrópica e seus respectivos impactos. Neste sentido, estudos que visam caracterizar os ambientes de ocorrência de espécies ameaçadas de extinção são de fundamental importância para sua manutenção e, principalmente, para a disponibilização de dados que subsidiem ações de restauração ou de estabelecimento de novas comunidades destas espécies. O Faveiro-de-wilson (*Dimorphandra wilsonii* Rizzini), pertencente à família das Fabaceae, integra a lista de espécies florestais brasileiras criticamente ameaçadas de extinção, membro da flora original dos biomas Mata Atlântica e Cerrado, possui exemplares catalogados nas regiões das bacias hidrográficas do Rio das Velhas, Rio Paraopeba e Rio Pará em Minas Gerais. Este estudo objetivou caracterizar o ambiente com exemplares catalogados de Faveiro-de-wilson na região da bacia do Córrego Marinheiro (Sete Lagoas – MG) e modelar a favorabilidade de sua ocorrência para a região da bacia, possibilitando assim, a identificação dos ambientes mais favoráveis ao plantio da espécie, assim como aqueles locais com maior possibilidade de comunidades isoladas serem identificadas. Realizaram-se duas campanhas de campo para coleta de solo e caracterização da área, sendo que tais coletas possibilitaram a realização de análises físicas e químicas do solo, além de subsidiar a formulação de um modelo utilizando variáveis com significativa influência na ocorrência da espécie observada tanto em campo como em análises estatísticas. A ocorrência do Faveiro-de-wilson na região da bacia do Córrego Marinheiro está associada, principalmente, ao relevo movimentado e à presença de solos pobres em nutrientes e com alto teor de argila, como os Latossolos e Cambissolos. O sul da bacia do Córrego Marinheiro apresenta a maior favorabilidade de ocorrência com extensa região de média a alta favorabilidade. Os resultados apontam que a bacia se apresenta como uma região prioritária para projetos de recuperação ou até mesmo para a implantação de novas comunidades de *D. wilsonii*.

Palavra - chave: Análise ambiental, modelagem ambiental, extinção de espécies.

## GENERAL ABSTRACT

The prevalence of a forest tree species is directly related to the characteristics of the environment that support its establishment such as location in the landscape, water regime, and especially type of soil to which it is associated. The characterization of the environment is of vital importance to better understand the relationship of the species with its habitat and, increase the chances of subsidy measures of protection and species maintenance. *Dimorphandra Wilsonii Rizzini* (Fabaceae family) is a leguminous tree of the Brazilian flora endemic to the Atlantic Forest and Cerrado (Brazilian Savannah) biomes included in the list of critically endangered species. It has been registered in three hydrographic basins of *Minas Gerais*: *Bacia do Rio das Velhas*, *Rio Paraopeba* and *Rio Para*. In recent years, a series of studies about its main phenological and reproductive characteristics have been carried out. These studies were made to subsidize the formulation of the National Conservation Plan of the *Faveiro-de-Wilson* (PAN-Faveiro). PAN-Faveiro is a public policy that contemplates both the dissemination of existing knowledge about the species and the plan of action containing the main measures necessary to reverse a hazardous scenario. This study has as its main objective the characterization of the environment that favors the prevalence of the Faveiro-de-wilson in the region of the *Córrego Marinheiro* in *Minas Gerais* through the study of soil's fertility in the areas and their implications in the landscape. The environment analysis' revealed that the predominant vegetation in the region is the typical Cerrado, followed by the Semideciduous Seasonal Forest. The soil classes identified were Latossolo Vermelho eutrófico (LVe), Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (LVAd), and Cambissolo Álico (Ca), located on the areas with higher elevation of the basin. The cataloged specimens are in a region with predominant use for pasture since these areas provide easy access and identification. In dense forested areas the access can be limited, and identification can be misled by the presence of *Dimorphandra mollis*, which is similar to *D. Wilsonii*. . It is necessary to formulate and apply restrictive measures to land-use in areas close to the cataloged specimens, so a network of partnerships can be established with both the owners and the local public authority subsidizing actions of protection and restoration of the communities of *D. Wilsonii* in the *Córrego Marinheiro* region.

Keyword: Environmental analysis, environmental modeling, species extinction.

## SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS .....	2
RESUMO GERAL .....	4
GENERAL ABSTRACT.....	5
INTRODUÇÃO GERAL .....	10
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	14
CAPÍTULO 1 – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA O AMBIENTE DE OCORRÊNCIA DO FAVEIRO-DE-WILSON ( <i>Dimorphandra wilsonii rizzini</i> ) NA REGIÃO DA BACIA DO CÓRREGO MARINHEIRO. ....	16
RESUMO .....	16
ABSTRACT .....	17
INTRODUÇÃO.....	18
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	19
3.RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	22
4. CONCLUSÃO.....	30
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	31
CAPITULO 2 MODELAGEM DA FAVORABILIDADE DE OCORRÊNCIA DO FAVEIRO- DE-WILSON ( <i>Dimorphandra wilsonii rizzini</i> ) NA REGIÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DO MARINHEIRO. ....	34
RESUMO .....	34
ABSTRACT .....	35
1. INTRODUÇÃO.....	36
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	38
2.1 Área de estudo .....	38
2.2 Descrição Geral Do Modelo .....	39
2.3 Base de dados e pré-processamento.....	39
2.4 Modelagem da Favorabilidade de ocorrência do Faveiro-de-wilson.....	41
3. RESULTADO E DISCUSSÃO.....	42
3.1 Considerações Finais .....	46
3.2 Sugestão para trabalhos futuros .....	47
REFERÊNCIAS .....	48
ANEXO 1 .....	51

## INTRODUÇÃO GERAL

A diversidade biológica é produto de um conjunto de forças advindas do processo evolutivo. Suas características se manifestam nas interações entre as espécies e também nas suas relações com o meio ao qual estão inseridas. Sua expressividade influencia diretamente na regulação dos ciclos que regem a ciclagem e a disponibilidade dos recursos naturais do planeta, sendo ela, portanto, importante parâmetro na manutenção da vida na Terra.

O Brasil possui um dos maiores extratos de floresta tropical do mundo, assim como significativa biodiversidade. No entanto, em decorrência da alta taxa de desmatamento, da fragmentação de habitats promovida pela urbanização e pela industrialização, do aumento constante da fronteira agrícola, dentre outros fatores, levantou-se discussões e estudos sobre a abrangência da perda dessa biodiversidade e de suas consequências no equilíbrio dos ecossistemas.

Para Diamond (1989), a extinção de espécies em decorrência de atividades antrópicas deve ser atribuída a quatro fatores: destruição de hábitat; sobrematança; introdução de espécies exóticas e cadeias de extinção. Já Aleixo et al. (2010) destacam também as mudanças climáticas, amplamente discutidas e divulgadas nos últimos anos, como sendo uma significativa ameaça à biodiversidade dos biomas brasileiros, com especial ênfase para aqueles predominantemente florestais e com maior riqueza de espécies e endemismo: a Amazônia e a Mata Atlântica.

Lewinsohn e Prado (2000) salientam que o Brasil possui aproximadamente 55 mil espécies de plantas superiores catalogadas, 22% do total mundial. Dada a importância dessa diversidade, seus potenciais usos e serviços, assim como sua proteção e manutenção, é cada vez maior a necessidade de se compreender a dinâmica de desenvolvimento e manutenção das diferentes espécies vegetais brasileiras, em especial as que apresentam alta vulnerabilidade ou sofrem ameaça de extinção.

Salati et al. (2006), ao realizarem uma modelagem de cenários acerca dos temas ambientais mais relevantes no Brasil para 2022, indicaram que a perda de biodiversidade por extinção serão segundo tema de maior relevância, perdendo apenas para os impactos das mudanças climáticas.

No ano de 2002, foi adotada a Estratégia Global para a Conservação de Plantas (*Global Strategy for Plant Conservation – GSPC*). A GSPC consiste em um conjunto de 16 metas que objetivam catalisar a tomada de ações por parte de países, organismos internacionais, organizações voluntárias, doadores e, inclusive, o setor privado, no intuito de

conservação e de proteção da biodiversidade da Flora mundial.

A meta número 2 da GSPC para o período de 2011 a 2020 determina:

“[É necessário] avaliar o estado de conservação de todas as espécies de plantas conhecidas, na medida do possível, para nortear as ações de conservação” (CONFERENCE OF THE PARTIES TO THE CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY, 2010).

Com o objetivo de construir uma ferramenta nacional de priorização de investimentos e instrumentalização de políticas públicas, foi publicado no ano 2013 o Livro Vermelho da Flora do Brasil, produto de um projeto multidisciplinar realizado pelo Centro Nacional de Conservação da Flora (CNCFLORA), em parceria com diversas instituições de ensino e pesquisa, que catalogou e parametrizou um índice de risco de extinção das espécies brasileiras na intenção de se alcançar o estabelecido na meta acima descrita. Desde sua publicação, o Livro Vermelho tem subsidiado uma série de estudos e projetos que priorizam a investigação, manutenção e proteção das espécies ameaçadas.

A Mata Atlântica e o Cerrado apresentam as maiores taxas de espécies ameaçadas de extinção, fato que concedeu a estes dois importantes biomas brasileiros um lugar na lista de “*Hot spot*” de biodiversidade, que podem ser entendidos como áreas prioritárias para ação de conservação em escala mundial.

Vemos, então, a fundamental importância do desenvolvimento de ações que promovam a identificação e proteção de espécies ameaçadas de extinção, principalmente aquelas inseridas nas fitofisionomias desses dois biomas nacionais.

A *Dimorphandra wilsonii* Rizzini (*D. Rizzini*), popularmente conhecida como Faveiro de Wilson, é uma das espécies inscrita na Lista Vermelha das Espécies Ameaçadas da IUCN (2006) e do Brasil (IBAMA 2008), como uma espécie criticamente ameaçada de extinção.

*D. wilsonii* é uma leguminosa arbórea pertencente à família das Fabaceae, com altura máxima de até 17 m e que possui diâmetro na altura do peito – DAP máximo de até 1,12 m, categorizada como sendo uma espécie secundária tardia de ciclo fenológico anual e com perda de folhas durante todo ano, mais significativamente no período seco (Fernandes & Rego, 2014). Apresenta folha grande, bipinada com 6 a 15 pares de pinas opostas ou sub opostas, pecioladas, folíolos elípticos e de base arredondada (Silva, 2012).

De ocorrência predominante nos biomas Cerrado e Mata Atlântica, especificamente

na Floresta estacional semidecidual Montana e nas fitofisionomias cerrado *stricto sensu* e Cerradão, possui um grau de relevante interesse internacional, já que a mesma é um exemplar típico de ambos os *Hot spots* brasileiros.

Fernandes & Rego (2014) registraram exemplares de *D. wilsonii* distribuídos em três bacias hidrográficas, a do rio Paraopeba, a do rio das velhas e a do rio Pará, especificamente na região central de Minas Gerais, nos municípios de Caetanópolis, Esmeraldas, Felixlândia, Florestal, Fortuna de Minas, Inhaúma, Jaboticatubas, Juatuba, Lagoa Santa, Maravilhas, Matozinhos, Nova Serrana, Paraopeba, Pequi, Perdigão, São José da Varginha e Sete Lagoas.

Atualmente são conhecidos 246 indivíduos adultos e 68 jovens, totalizando 314 exemplares (Fernandes & Rego, 2014), dentre os quais cerca de 10% se encontra em área da bacia hidrográfica do Córrego do Marinheiro no Município de Sete Lagoas, MG.

A bacia do Marinheiro é considerada uma importante diluidora do Ribeirão Jequitibá, que por sua vez é um importante componente da Bacia do Rio das Velhas e um dos maiores contribuintes da carga de poluição do mesmo. Essa área possui considerável importância ambiental por estar em região cárstica, com abastecimento de água predominantemente subterrânea, e econômica, por estar inserida nos limites entre os municípios de Sete Lagoas e Prudente de Moraes, que vivencia, nos últimos, anos expressivo desenvolvimento econômico industrial.

Compreender as relações das espécies com o ambiente que elas estão inseridas é de fundamental importância para execução de ações que promovam sua manutenção e proteção. Nesse sentido, o solo, entendido por Lima e Lima (2007) como sendo o sustentáculo para a vida, desempenha papel significativo no desenvolvimento das plantas e oferece um conjunto de informações acerca de suas limitações, fragilidades e potencialidades.

Apesar da importância dos mapas de solos para o conhecimento de ambientes, ainda há pouca utilização desta ferramenta nas tomadas de decisão. Segundo Höfig *et al.* (2014), essa prática tem como limitante a escala dos mapeamentos e a disponibilidade de informações. Contudo, nos locais onde existem mapas de solos, as informações nos mapas e relatórios podem melhorar o entendimento da dinâmica do ambiente, possibilitando uma melhor compreensão das suas limitações e potencialidades e o planejamento de usos, de acordo com sua capacidade de suporte.

O solo possui relações diretas e indiretas com as fitofisionomias. Dentre os fatores que proporcionam os diferentes tipos de vegetação, vários autores citam as condições edáficas como pH, saturação por alumínio, fertilidade, estabilidade do agregado, parâmetros climáticos, condições hídricas, dentre outras (MEDEIROS, 2004; ROSSI, 2005; SILVA,

2015). Araujo *et al.* (2017), em estudo realizado em fragmento florestal na Serra de Santa Helena em Sete Lagoas, identificaram forte correlação positiva entre a ocorrência de determinadas espécies e características do solo, como o teor de areia, silte e argila, a porosidade e a densidade de partícula, dentre outras.

Alvin & Araújo (1953) consideram que a distribuição do cerrado dentro do seu limite fitogeográfico é regulada mais pelo solo do que por qualquer outro fator ecológico. Assim, o solo desempenha importante papel na formação e na compreensão da paisagem, fornecendo suporte mecânico e disponibilizando os nutrientes necessários para a instalação e desenvolvimento dos vegetais (Silva et al., 2015).

Rossi *et al.* (2005) destacam ainda que tais relações, diretas ou indiretas, entre os solos e as diferentes fitofisionomias de uma região ainda são pouco estudadas.

Assim, este trabalho teve por objetivo a caracterização do ambiente de ocorrência do Faveiro-de-wilson na região da bacia do Córrego Marinheiro, Sete Lagoas – MG e, a elaboração de um modelo que possibilitasse a compreensão as maior favorabilidade de ocorrência na região, apontando assim as áreas de maior possibilidade de ocorrência e de estabelecimento de programas de recuperação da espécie fragilidades e potencialidades em função do meio no qual os exemplares estão inseridos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEIXO, A.; ALBERNAZ, A. L.; GRELE, C. E. V.; VALE, M. M.; RANGEL, T. F. **Mudanças Climáticas e a Biodiversidade dos Biomas Brasileiros: Passado, Presente e Futuro.** *Natureza & Conservação (Brazilian Journal of Nature Conservation)* 8(2):194-196, Dezembro, 2010.

ALVIN, P. de T.; ARAÚJO, W. A. **O solo como fator ecológico no desenvolvimento da vegetação no Centro-Oeste do Brasil.** *Bol. Geogr., Rio de Janeiro*, v. 11, n. 117, p. 569-578, 1953.

DIAMOND, J.M. 1989. **The present, past and future of humancaused extinctions.** *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 325: 469-477, doi: 10.1098/rstb.1989.0100

FERNANDES, F. M. e REGO, J. O. **Dimorphandra wilsonii Rizzini (Fabaceae): distribution, habitat and conservation status.** *Acta Botanica Brasilica*. v. 28, n. 3, p. 434-44. 2014.

HÖFIG, P.; GIASSON, E.; VENDRAME, P. R. S. **Mapeamento digital de solos com base na extrapolação de mapas entre áreas fisiograficamente semelhantes.** *Pesq. agropec. bras., Brasília*, v.49, n.12, p.958-966, dez. 2014.

IBAMA. **Portaria nº 06, 23 de setembro de 2008.** Apresenta a Lista Oficial de Espécies da Flora Brasileira Ameaçadas de Extinção.

IUCN. International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources. **World Conservation Strategy**; 2006.

LEWINSOHN, T. M.; PRADO, P. I. **Biodiversidade Brasileira: Síntese do Estado Atual do Conhecimento.** <http://www.mma.gov.br/port/sbf/chm/doc/estarte.doc> nov. 2000.

LIMA, V.C; LIMA, M.R. Formação do solo. In: LIMA, V.C; LIMA, M.R.; MELO, V.F. (Eds.). **O solo no meio ambiente: abordagem para professores do ensino fundamental e médio e alunos do ensino médio.** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, 2007. p. 1-10.

**Global Strategy for Plant Conservation: Technical Rationale, Justification for Updating and Suggested Milestones and Indicators**” (UNEP/CBD/COP/10/19) disponível em: <http://www.cbd.int/doc/meetings/cop/cop-10/official/cop-10-19-en.doc>. Acessado em: 15/03/2017.

MEDEIROS, D. A. **Métodos de amostragens no levantamento da diversidade arbórea do Cerradão da Estação Ecológica de Assis.** 2004. 213 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiros, Piracicaba, 2004.

ROSSI, M.; MATTOS, I.F.A; COELHO, R.M; MENK, J.R.F; ROCHA, F.T; PFEIFER, R.M; MARIA, I.C. de. **Relação solos/ vegetação em área natural no Parque Estadual de Porto Ferreira, São Paulo.** *Revista do Instituto Florestal*, v.17, p.45-61, 2005.

SALATI, E; SANTOS, A. A. e KLABIN, I. **Temas Ambientais Relevantes**. Estudos Avançados v. 20, n. 56, p. 107-127, 2006.

SILVA, M. **Microbiota folícola de *Dimorphandra wilsonii*, espécie arbórea brasileira ameaçada de extinção**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2012. x, 87f. : il. (algumas col.).

SILVA, R. B. M. da; FRANCELINO, M. R.; MOURA, P. A; MOURA, T. A; PEREIRA, M. G.; OLIVEIRA, C. P. de. **Soil-vegetation relation in cerrado enviroment under influence of the group Urucuaia**. CiênciaFlorestal, Santa Maria, v. 25, n. 2, p. 363-373, abr.-jun., 2015.

## CAPÍTULO 1

### CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE DE OCORRÊNCIA DO FAVEIRO-DE-WILSON (*Dimorphandra wilsonii* Rizzini) NA REGIÃO DA BACIA DO CÓRREGO MARINHEIRO

#### RESUMO

A ocorrência de uma espécie florestal está diretamente ligada a características do ambiente que subsidiam seu estabelecimento, como por exemplo, o local na paisagem, o regime hídrico e, principalmente, o tipo do solo ao qual ela está associada. A caracterização destes ambientes é de fundamental importância para a compreensão das relações da espécie com seu habitat e tem o potencial inclusive de subsidiar medidas de proteção e manutenção da espécie. *Dimorphandra wilsonii* Rizzini (Fabaceae) é uma leguminosa arbórea da flora brasileira, endêmica dos biomas Mata Atlântica e Cerrado, que está inserida na lista de espécies criticamente ameaçadas de extinção. Tem sua ocorrência registrada em três bacias hidrográficas do estado de Minas Gerais, sendo estas as Bacias do Rio das Velhas, do Rio Paraopeba e do Rio Pará. Nos últimos anos, realizou-se uma série de estudos sobre suas principais características fenológicas e reprodutivas, dentre outras, que subsidiaram a formulação do Plano Nacional de Conservação do Faveiro-de-wilson (PAN-Faveiro). O PAN-Faveiro é uma política pública que contempla tanto a difusão dos conhecimentos já gerados acerca da espécie, como também o estabelecimento de um plano de ação contendo as principais medidas necessárias para se reverter o cenário de ameaça. Objetivou-se assim a caracterização do ambiente de ocorrência do Faveiro-de-wilson na região da bacia do Córrego Marinheiro em Minas Gerais. Para tal, realizou-se a caracterização física do ambiente através de análise de dados cartográficos, como mapa de solo, mapa de uso e ocupação, dentre outros, além de análises de fertilidade e física dos solos e análise dendrométrica de plantas. A análise do ambiente de ocorrência revelou que os exemplares catalogados estão localizados nas áreas de maior altitude da bacia, inseridos em uma região com uso predominante de pastagem em função provavelmente da facilidade de acesso e de identificação, uma vez que nas matas fechadas, além das limitações de acesso a espécie, há ocorrência da espécie *Dimorphandra mollis* que possui diversos exemplares na região e é similar a *D. wilsonii*, dificultando a identificação, o contexto de uso ainda possui a característica de identificação dos exemplares em sua totalidade dentro de propriedades privadas. A vegetação predominante na região é a Floresta Estacional Semidecidual em transição com áreas de Cerrado; as classes de solo identificadas foram, respectivamente Latossolo Vermelho Eutrófico (LVe), Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (LVAd) e Cambissolo Álico (Ca). Os dados demonstraram que os exemplares analisados na região da bacia do Córrego Marinheiro estão localizados em áreas de solos pobres, de baixa fertilidade natural, indicando uma boa adaptação da planta em áreas de Cerrado.

Palavra-chave: solos, fertilidade do solo, espécie em extinção.

## ABSTRACT

The prevalence of a forest tree species is directly related to the characteristics of the environment that support its establishment such as location in the landscape, water regime, and especially type of soil to which it is associated. The characterization of the environment is of vital importance to better understand the relationship of the species with its habitat and, increase the chances of subsidy measures of protection and species maintenance. *Dimorphandra Wilsonii* Rizzini (Fabaceae family) is a leguminous tree of the Brazilian flora endemic to the Atlantic Forest and Cerrado (Brazilian Savannah) biomes included in the list of critically endangered species. It has been registered in three hydrographic basins of *Minas Gerais*: *Bacia do Rio das Velhas*, *Rio Paraopeba* and *Rio Pará*. In recent years, a series of studies about its main phenological and reproductive characteristics have been carried out. These studies were made to subsidize the formulation of the National Conservation Plan of the *Faveiro-de-Wilson* (PAN-Faveiro). PAN-Faveiro is a public policy that contemplates both the dissemination of existing knowledge about the species and the plan of action containing the main measures necessary to reverse a hazardous scenario. This study has as its main objective the characterization of the environment that favors the prevalence of the *Faveiro-de-wilson* in the region of the *Córrego Marinheiro* in *Minas Gerais* through the study of soil's fertility in the areas and their implications in the landscape. The environment analysis' revealed that the predominant vegetation in the region is the typical Cerrado, followed by the Semideciduous Seasonal Forest. The soil classes identified were Latossolo Vermelho eutrófico (LVe), Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (LVAd), and Cambissolo Álico (Ca), located on the areas with higher elevation of the basin. The cataloged specimens are in a region with predominant use for pasture since these areas provide easy access and identification. In dense forested areas the access can be limited, and identification can be misled by the presence of *Dimorphandra mollis*, which is similar to *D. Wilsonii*. . It is necessary to formulate and apply restrictive measures to land-use in areas close to the cataloged specimens, so a network of partnerships can be established with both the owners and the local public authority subsidizing actions of protection and restoration of the communities of *D. Wilsonii* in the *Córrego Marinheiro* region.

Keyword: soil, soil fertility, species extinction.

## INTRODUÇÃO

A ocorrência de uma espécie em determinada área é produto de um conjunto de interações biogeofísicas que justificam historicamente a favorabilidade de determinada espécie ocorrer em uma região ou, até mesmo, as limitações de ocorrência na mesma.

Embora os solos não expliquem, isoladamente, a favorabilidade às espécies, eles representam um importante estratificador do ambiente e possui relação direta com a distribuição fitogeográfica em todo o globo. Além de fornecer suporte mecânico as plantas, esta intrinsecamente ligado à disponibilidade de água e de nutriente, sendo assim um fator limitante ou facilitador para o desenvolvimento de uma determinada espécie.

Diversos autores discutem sobre a importância dos solos na distribuição espacial dos biomas, sendo que, no caso do Cerrado, a composição física e química do solo e/ou a topografia são considerados importantes tanto em sua distribuição como na estruturação de suas diferentes fitofisionomias (Alvin & Araújo 1953, Ratter et al., 1978, Haridasan et al., 1997, Oliveira-Filho et al., 1998).

Mattos et al. (2005) consideram que o maior fator regulador da distribuição do cerrado, dentro do seu próprio limite fitogeográfico, é o solo. A disponibilidade de nutrientes no solo tem sido apontada como um dos determinantes mais importantes da vegetação do cerrado (GUIDÃO et al., 2002).

Embora a ciência tenha evoluído muito no que se refere ao conhecimento tanto da ecologia das espécies florestais quando das suas relações com o meio, as limitações que ainda persistem muito se relacionam com a complexidade e com os custos dos inventários, que podem oferecerem suporte metodológico neste tipo de estudo. Joly *et al.* (2011) destacam ainda outros limitantes da pesquisa em biodiversidade no Brasil, dentre os quais os autores consideram os entraves burocráticos às coletas científicas, fomentados por uma legislação pouco atenta aos interesses nacionais, às necessidades da comunidade científica e à realidade do trabalho de campo, como responsáveis por uma parcela significativa do ônus nesta deficiência.

Neste sentido, conhecer as características da vegetação e sua relação com os solos em que ocorrem, além de auxiliar no entendimento da biodiversidade, pode contribuir para orientar projetos de restauração, preservação e conservação de tal vegetação (KOTCHETKOFF-HENRIQUES et al., 2005).

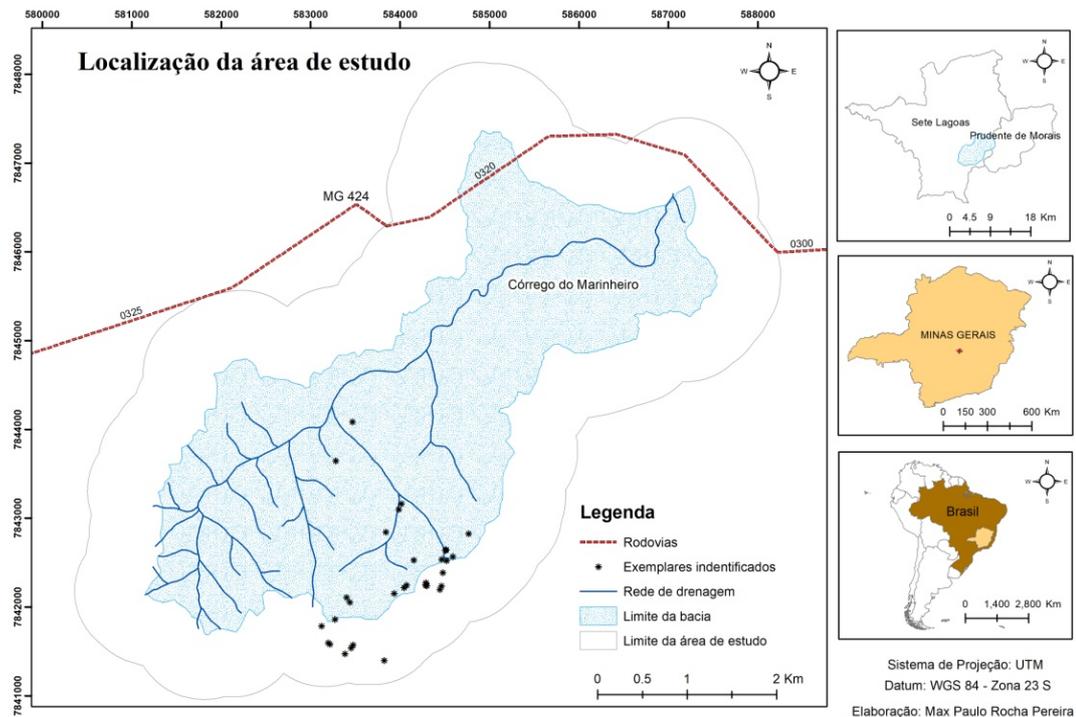
Objetivou-se neste trabalho analisar as características dos solos em área de ocorrência do Faveiro-de-wilson na região da bacia do Córrego Marinheiro e discutir suas possíveis

relações, além de disponibilizar informações que subsidiem a formulação de ações de proteção e conservação da espécie.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo localiza-se entre os municípios de Sete Lagoas e Prudente de Morais, Minas Gerais (FIGURA 1), correspondente à bacia hidrográfica do Córrego Marinheiro, e uma área adjacente à bacia, que abrange todos os exemplares de Faveiro-de-wilson catalogados na região.

Figura 1: Localização da área de estudo.



Fonte: Pereira (2018).

A bacia do Córrego Marinheiro está localizada no Cráton do São Francisco e apresenta em destaque três grupos litológicos, estando a maior parte da bacia sob os siltitos da Formação Serra de Santa Helena, seguido dos calcários da Formação Sete Lagoas, e do granito-gnaise do Complexo Belo Horizonte, respectivamente, o que possibilitou observar um predomínio de materiais de origem do Grupo Bambuí (OLIVEIRA, 2016).

A formação vegetal predominante na área de estudo é o Cerrado *strictu sensu*, que cobre 753,77 ha, totalizando aproximadamente 64% da vegetação presente, seguido da Floresta Estacional Semidecidual, que ocupa 309,52 ha, o que corresponde a 26% da

vegetação e, por fim, o campo cerrado, que recobre 102,75 ha, representando 8% da vegetação. A área de ocorrência corresponde ao ambiente de adaptabilidade do Faveiro de Wilson, com vegetação de mata semidecídua e cerrado, solos pobres em nutrientes e sujeitos a déficit hídrico em função das condições climáticas (FONSECA 2010).

O relevo da região caracteriza-se como suave ondulado a forte ondulado (3 a 45%) com uma altitude variando entre 704 m e 950 m (OLIVEIRA, 2016).

As classes de solos presentes na área são: Argissolos, Cambissolos, Chernossolos, Gleissolos, Nitossolos, Latossolos e Luvisolos (OLIVEIRA, 2016), sendo os Latossolos Vermelhos e Vermelho-Amarelos os predominantes.

O clima da região é o sub tropical úmido (Cwa), apresentando invernos secos e verões quentes (ALVARES et al., 2014).

Inicialmente, foi elaborado um mapa da bacia e entorno, onde foram plotados os pontos de ocorrência do Faveiro-de-wilson. Utilizou-se imagem GEOEYE, de 2 de maio de 2015, com resolução de 0,50 m e, arquivo do tipo “shape” dos pontos de ocorrência do Faveiro-de-wilson disponibilizados por Fernandes (2016, dados não publicados), conforme inventário da espécie realizado por este pesquisador e seu grupo de pesquisa. Para tal utilizou-se o software ArcGis 10.1 (ESRI, 2012).

Para identificação dos exemplares em campo (FIGURA 2), utilizou-se uma ficha de campo e GPS Garmin Trex. Os exemplares estavam identificados com placas metálicas numeradas. Foram coletadas amostras de solos e folhas de 17 exemplares de Faveiro-de-wilson, em 14 pontos para análises de fertilidade e de física e de tecido vegetal.

Figura 2: Faveiro-de-wilson localizado na região da bacia do Córrego Marinheiro, Sete Lagoas, MG.



Fonte: Viana, 2017.

Na caracterização física do ambiente, com o objetivo de subsidiar a campanha de campo, foi utilizado a declividade, extraída do Modelo Digital de Elevação – MDE de 2014, proveniente do satélite TanDEM-X do Centro Aeroespacial Alemão (DLR), de resolução espacial de 12 m (WESSEL, 2013). Para identificação do uso do solo, utilizou-se o mapeamento disponibilizado pelo MapBiomias (MapBiomias, 2016). A base de dados de solos foi extraída do mapeamento de solos do Córrego Marinheiro em escala de 1:25.000 realizado por OLIVEIRA et al. (2017), e para a área adjacente o mapeamento de solos do projeto Vida, em escala de 1:50.000 (CETEC, 1996).

Para análise de tecido vegetal folhas jovens baixas foram coletadas e acondicionadas em sacos de papel, recebendo a identificação do ponto e a numeração das árvores correspondentes. Foi realizada análise foliar de macro e micronutrientes, carbono e nitrogênio totais, segundo Silva *et al.* (2009).

Coletaram-se dados dendrométricos de altura e diâmetro à altura do peito (DAP). Para a tomada do DAP, foi utilizado o equipamento suta simples a 1,30 m da base. Para a aferição da altura, utilizou-se o equipamento hipsômetro VertexIV 360°, que utiliza ultrassom para medição de distâncias.

Foram coletadas amostras deformadas de solo para análise de fertilidade e de física do solo nas profundidades de 0 a 30 cm e 30 a 60 cm, na área de abrangência da copa da árvore principal (no caso de mais de uma árvore no ponto), em cada um dos pontos amostrais, em três repetições. Foram coletadas amostras simples, com auxílio de um trado tipo holandês, que foram misturadas e homogeneizadas para obtenção de amostras compostas.

As amostras de solo foram preparadas no Laboratório de Solos e Meio Ambiente do Instituto de Geociências da UFMG. Foram secas ao ar por 48 horas, destorroadas e passadas em peneira de 2 mm, obtendo-se assim a TFSA (terra fina seca ao ar).

Foram realizadas as análises de Ph H<sub>2</sub>O e Ph KCl, K, P, Mg, Ca, N total, acidez trocável e potencial, SB, t, T, V, m, matéria orgânica e micronutrientes (Zn, Fe, Cu, Mn, B, S), conforme Donagemma et al. (2011).

A análise granulométrica foi realizada a partir da separação da fração areia por peneiramento e os teores de silte e argila foram obtidos por sedimentação. As frações granulométricas foram separadas de acordo com o tamanho e classificadas utilizando-se o triângulo para determinação de classes texturais.

Os dados foram submetidos à análise de correlação, utilizando-se o teste de correlação de Spearman para determinar as variáveis altamente correlacionadas. Como critério

de significância, para exclusão das variáveis, utilizou-se o proposto por Dormann (2012) onde, a partir de um teste de colinearidade, excluem-se as variáveis que possuem correlação superior a 0,7 ou inferior a -0,7. Após a exclusão das variáveis altamente correlacionadas, realizou-se a Análise de Componentes Principais (PCA – *Principal Component Analysis*), utilizando-se o software estatístico *R* (R Core Team, 2019).

### 3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os exemplares amostrados estão localizados em sua maioria nos terços inferior e médio (11 árvores). O restante se encontra no terço superior da vertente (6 árvores). Destes, 2 exemplares estão próximos à linha de drenagem, e 4 exemplares foram amostrados em área de vegetação fechada com formação de dossel. As demais estão inseridas predominantemente em região de pastagem, situados nas áreas de maior altitude (780 a 980 metros) da bacia e com relevo variando de fortemente ondulado a montanhoso.

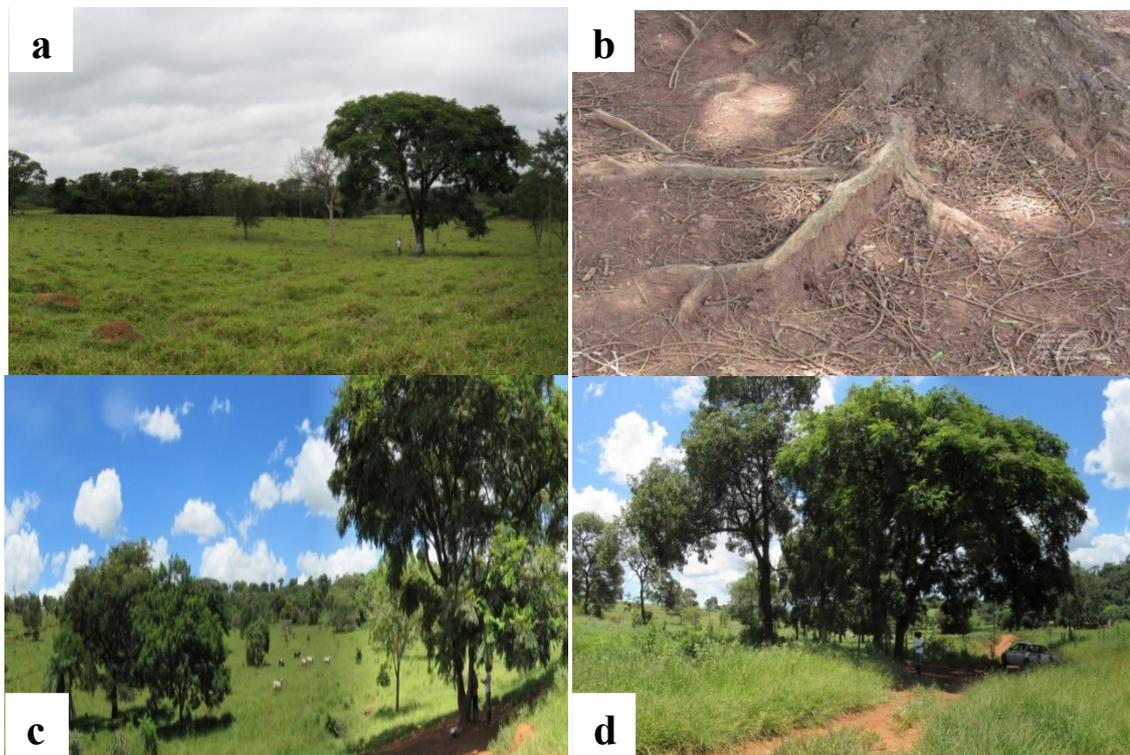
As classes de solo predominantes na área de ocorrência foram, respectivamente, o Latossolo Vermelho Eutrófico (LVe), Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (LVAd) e Cambissolo Álico (Ca). Os Latossolos Vermelho, Amarelo e Vermelho Amarelo, que ocorrem na área de estudo estão associados às litologias do Grupo Bambuí, predominantemente sobre o siltito. Além disso, assim como os Cambissolos, ocorrem nas regiões de maior altitude e com relevo mais movimentado (OLIVEIRA et al.,2016).

Com relação ao potencial erosivo, os Latossolos apresentam elevada resistência aos processos erosivos, são solos estruturados e bem drenados enquanto os Cambissolos, além de apresentar baixa fertilidade, apresentam também baixa resistência a processos erosivos, sendo altamente susceptíveis à erosão.

O uso do solo predominante na área de ocorrência é a pastagem, sendo que grande parte dos exemplares catalogados estão em áreas de solo descoberto, com pisoteio do gado e raízes expostas (Figura 2).

A presença de intervenções antrópicas, como estradas (Figura 2d) e construções, também foi observada em campo. Pelo menos cinco exemplares dos analisados para validação estão a menos de 500 metros de estradas ou construções. Isso representa um risco maior para essas árvores, principalmente com relação às queimadas, muito mais comuns em áreas margeadas por estradas e trilhas.

Figura 2 - Exemplos de *D. wilsonii* área de estudo



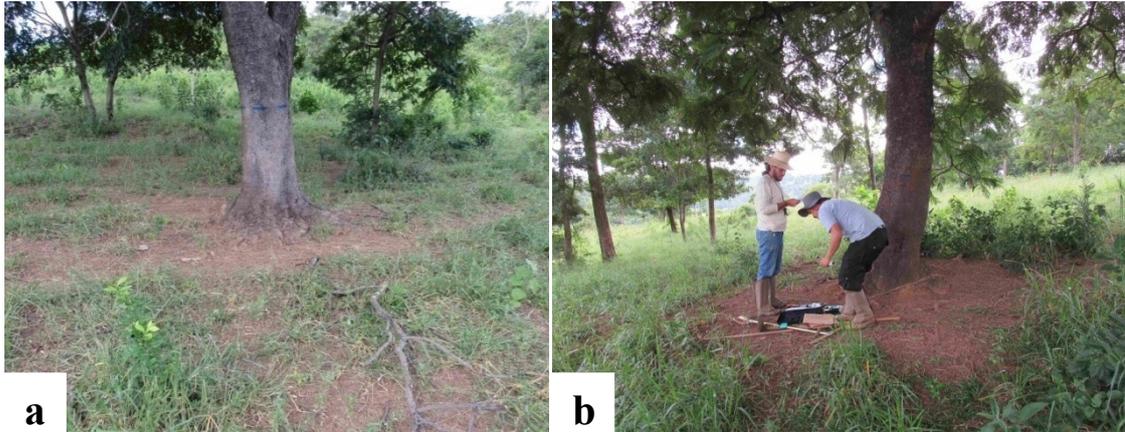
Fonte: Viana, 2017.

A exposição de raízes (Figura 2b), em consequência da perda de solo provocada pela erosão laminar que se intensifica com o pisoteio do gado, muito presente nas áreas com exemplares catalogados (Figura 2c), é um fato preocupante, uma vez que está associada diretamente à sustentação da árvore e a sua capacidade de captação de águas e nutrientes.

O solo tem indicadores de degradação, como a presença dos cupinzeiros (Figura 2a), além de se encontrar sem cobertura em muitas áreas, principalmente no pé das árvores, como pode ser observado na figura 3b, com expressivas marcas de pisoteio de gado, que utilizam a sombra da sua copa e também para se alimentar do fruto.

Fernandes e Rego (2014) reforçam essa possibilidade, ao considerarem que os frutos de *D. wilsonii* são palatáveis, nutritivos e produzidos anualmente em abundância durante a estação seca (inverno e primavera), podendo representar inclusive importante complemento para a alimentação bovina no período seco, uma vez que nesta época o pasto geralmente não está propício para o forrageio.

Figura 3: Solo exposto nas áreas de ocorrência



Fonte: Viana, 2017.

Na Figura 3, pode-se observar ainda a presença do capim *Brachiaria* na área próxima à árvore, espécie exótica muito utilizada para pastagem. Essa característica se repete na maioria dos exemplares catalogados na região e merece destaque uma vez que, como apontado por Fonseca (2013), a presença da *Brachiaria* pode inibir o crescimento da planta e até mesmo prejudicar a sua regeneração, ao competir pelos nutrientes disponíveis.

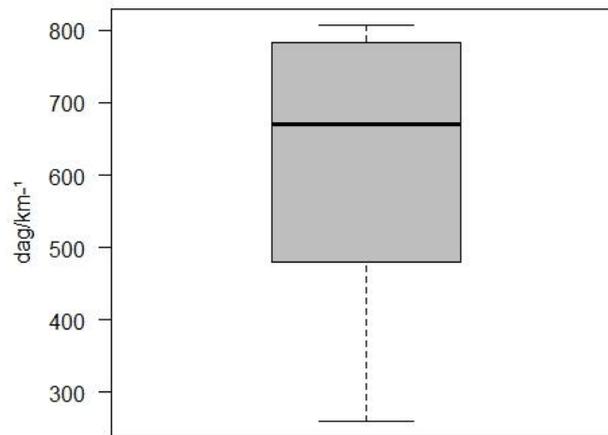
A textura é um importante parâmetro para caracterização dos solos. Ela possibilita uma melhor compreensão acerca do material de origem do solo e é determinante nas propriedades relacionadas à infiltração e à retenção de água no solo, adsorção de nutrientes e contaminantes, resistência a processos erosivos, cálculo de lâminas d'água em sistemas de irrigação, dentre outros. Observou-se que a textura do solo nos 14 pontos amostrais (Quadro 1) é predominantemente muito argilosa.

Quadro 1: Classes texturais do Solo nas áreas amostradas.

ID da árvore	Ponto	Profundidade	
		Cm	Textura
403	1	0-30	Muito argilosa
403		30-60	Muito argilosa
439	2	0-30	Muito argilosa
439		30-60	Muito argilosa
418	3	0-30	Muito argilosa
418		30-60	Muito argilosa
384	4	0-30	Muito argilosa
384		30-60	Muito argilosa
385	5	0-30	Muito argilosa
385		30-60	Muito argilosa
402	6	0-30	Muito argilosa
402		30-60	Muito argilosa
401	7	0-30	Muito argilosa
401		30-60	Muito argilosa
803 <sup>a</sup>	8	0-30	Argilosa
803 <sup>a</sup>		30-60	Muito Argilosa
804	9	0-30	Argilosa
804		30-60	Argilo-siltosa
616	10	0-30	Franco-argilosa
616		30-60	Franca
615	11	0-30	Argilo-siltosa
615		30-60	Franco-argilo-siltosa
614	12	0-30	Argilo-siltosa
614		30-60	Franco-argilo-siltosa
622	13	0-30	Argila
622		30-60	Argila
398	14	0-30	Muito argilosa
398		30-60	Muito argilosa

A textura do solo é um atributo cujas implicações tem reflexos diretos na estrutura e nas relações do solo com a água e nutrientes. Os solos da área de estudo, que são predominantemente representados pela classe dos Latossolos, apresentam um alto teor de argila (Gráfico 1). Estes são solos profundos, muito intemperizados e que apresentam baixa fertilidade natural. Fisicamente, são bem estruturados, apresentam alta porosidade e boa drenagem, além de alta resistência aos processos erosivos.

Gráfico 1: Teor de argila dos solos em área de ocorrência do Faveiro-de-wilson em  $\text{dagkm}^{-1}$



Demattê e Demattê (1993) indicam que, em áreas de Cerrado, existe uma íntima associação entre o carbono e a textura, de maneira que, à medida que o solo vai ficando mais profundo e argiloso, o teor de carbono orgânico na região do cerrado é superior ao da região Amazônica, por exemplo.

Os dados de fertilidade do solo para a área de ocorrência do Faveiro são apresentados na Tabela 2 (Anexo 1). Observa-se que de forma geral, são solos com baixo teor de nutrientes, característico dos solos do Cerrado.

O nitrogênio é um macronutriente bastante exigido pelas culturas, porém ele é extremamente mutável no solo devido aos processos de transformações que ocorrem (nitrificação, desnitrificação, volatilização, lixiviação, entre outros). Em função desses processos, não há um valor de referência no solo. A exigência de N das plantas florestais não é considerada muito elevada. De acordo com Tucci e Pinto (2013), vários trabalhos referentes à nutrição de espécies florestais mostraram que a omissão de N não afetou o crescimento das mesmas. Como exemplo disso, pode-se citar os trabalhos de Duboc et al. (1996), com a espécie jatobá (*Hymenaeacoubaril*); de Mendonça et al. (1999), com aroeira do sertão (*Myracrodruon urundeuva*) e, Venturin e Souza (2000), com acandiúva (*Trema micrantha*), onde os solos apresentaram valores médios de N entre 0,78 a 4,08 g kg<sup>-1</sup>.

Observa-se que o pH das áreas amostradas apresentou valores médios de 5,09, com mínimo de 4,40 e máximo de 5,9. De acordo com a CFSEMG (1999), tais valores conferem a esses solos uma classificação de acidez média (5,1 – 6,0), indicando que, embora as classes de solo amostradas sejam características do bioma Cerrado, as mesmas não apresentam a acidez elevada como aquelas encontradas em solos de Cerrado *sensu strictu*.

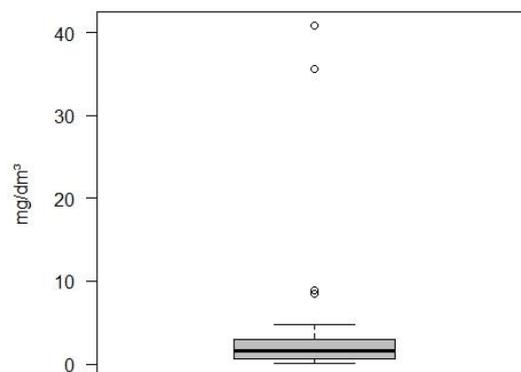
A acidez é um fator limitante ao crescimento vegetal, uma vez que solos muito ácidos podem apresentar elevada toxidez por Al e Mn e baixa saturação por bases, dificultando o crescimento das raízes (CAIRES et al., 2002).

De acordo com Fernandes et al. (2007), grande parte dos exemplares já catalogados está inserida atualmente em áreas cobertas com pastagem de *Brachiaria sp.* Tal informação confere certa preocupação com relação à acidez do solo, uma vez que Sampaio et al. (2013), ao estudar o pH do solo em um remanescente florestal na região do Cerrado no município de Sete Lagoas, observou diferença estatística significativa nas áreas cobertas por *Brachiaria*, apresentando teores de acidez mais elevados do que as áreas sem a presença da espécie.

Kliemann et al. (2006) justifica essa afirmativa ao considerar que os representantes do gênero *Brachiaria* são sensíveis ao processo de decomposição, sendo que a alta taxa de decomposição dessa espécie pode contribuir com a acidez do solo, uma vez que, um dos primeiros produtos formados nesse processo é a amônia, que convertida em nitrato libera  $H^+$ , aumentando, assim a acidez, semelhante ao que acontece com a adição de fertilizantes nitrogenados.

O potássio no solo apresenta média de  $70,56 \text{ mg dm}^{-3}$  (8,18 a  $192,39 \text{ mg dm}^{-3}$ ), valor considerado adequado para culturas agrícolas. Outro comportamento foi observado para o fósforo, cujo valor médio foi de  $4,61 \text{ mg dm}^{-3}$ , sendo que para os solos muito argilosos como os encontrados em algumas áreas da região em análise esse valor é considerado como baixo. A amplitude nesse atributo foi de 0,10 a  $40,82 \text{ mg dm}^{-3}$ . Ele tem sua classificação dependente da textura do solo, e somente o ponto 418 apresentou teor considerado adequado para solos muito argilosos, classificado como muito bom. Os demais pontos, mesmo com variações de textura, encontram-se classificados como teores baixos.

Gráfico 2: Concentração de Fósforo (P) dos solos na área de ocorrência.



O Faveiro-de-wilson apresenta grande potencial adaptativo a solos com baixos teores de fósforo, principalmente em decorrência do estabelecimento de associações com fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e ectomicorrízicos (ECM) que podem garantir a fixação deste nutriente e seu melhor aproveitamento (FONSECA et al., 2010).

micorrízicos arbusculares (FMA) e ectomicorrízicos (ECM) que podem garantir a fixação deste nutriente e seu melhor aproveitamento (FONSECA et al., 2010).

Os teores de cálcio no solo apresentam valores médios de  $1,76 \text{ mg dm}^{-3}$ , e amplitude variando de 0,12 a  $4,80 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . O valor considerado adequado é de  $2,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  (CFSEMG, 1999). Somente 6 pontos de amostragem atenderam a essa classificação na profundidade de 0 a 30cm, ou seja, 57,14% estão classificados como baixos. Na camada de 30 a 60 cm, em 100% dos pontos de amostragem os teores estão classificados como baixos. Esse comportamento indica que o faveiro não é exigente nesse atributo. Os valores de magnésio também encontraram-se baixos, considerando que, no padrão de uso, as áreas de ocorrência não sofrem correção de solo com uso de calcário, que é um dos insumos agrícolas que promove as maiores alterações nesses atributos em solos de cerrado. A média dos teores de magnésio foi de  $0,28 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , e a amplitude foi de 0,10 a  $0,96 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ .

A saturação por bases (V%) apresentam valores médios de 21,47%, e amplitude de 3,79 a 64,56%. Somente um ponto de amostragem apresentou teor adequado para culturas comerciais acima de 60%. Na tabela 3 (Anexo 1), observa-se que os teores de fósforo remanescente estão indicando o alto potencial de fixação de fósforo nos solos. Em média os valores são de  $20,47 \text{ mg dm}^{-3}$ .

Em relação aos micronutrientes, o Zn está classificado como bom, com teores médios de  $0,8 \text{ mg dm}^{-3}$ . O teor de Fe médio foi de  $78,20 \text{ mg dm}^{-3}$ , valor classificado como muito alto (acima de  $45 \text{ mg dm}^{-3}$ ), de acordo com a CFSEMG (1999). Essa característica é normal em solos do cerrado ricos em sesquióxidos de ferro e alumínio. Para o manganês, os teores médios são de  $26,51 \text{ mg dm}^{-3}$ , valor considerado muito alto. O teor médio de cobre,  $0,83 \text{ mg dm}^{-3}$ , é classificado como adequado, e o teor de B está classificado como muito baixo.

O conhecimento da influência dos micronutrientes no crescimento das espécies florestais ainda é incipiente, uma vez que cada espécie apresenta diferentes respostas as concentrações destas substâncias. O registro destes dados pode então alimentar um banco de dados sobre o estabelecimento da espécie em diferentes condições, servindo como comparativo para trabalhos futuros.

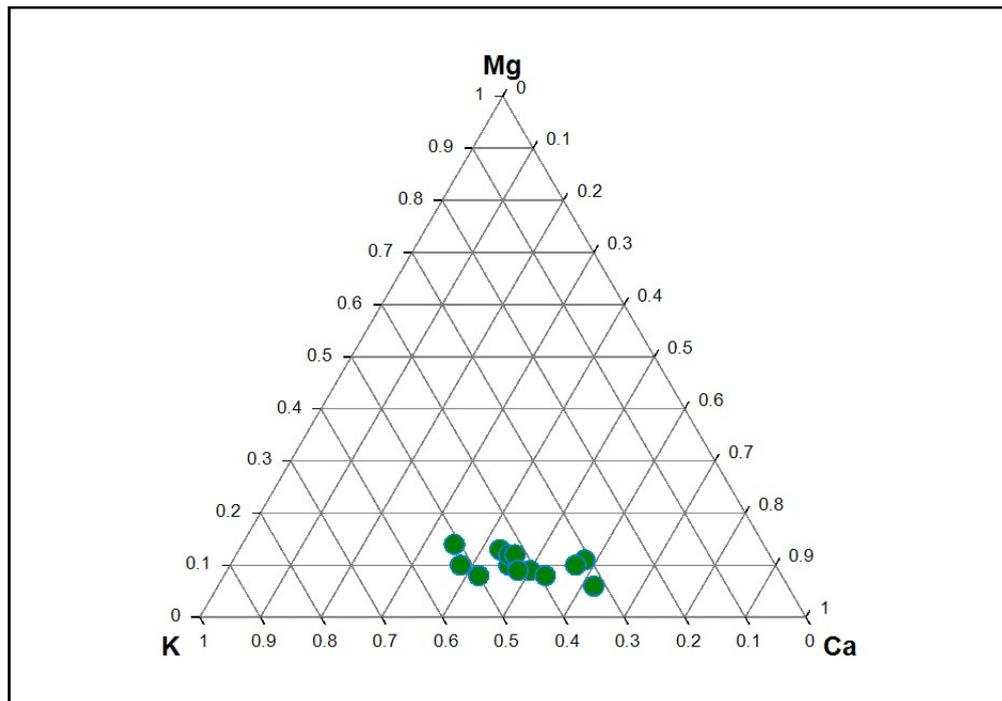
Lopes (1983) considera que existem diferenças positivas, nulas e negativas na aplicação de micronutrientes, sendo que seu efeito obedece a especificidades locais relacionadas ao tipo de solo e principalmente à cultura em questão.

Não há informação na literatura sobre teores foliares nesta espécie. Assim, os resultados foram interpretados de forma preliminar, considerando que foram coletados

indivíduos em sua maioria adultos e em condições aparentemente saudáveis, sem indicação de eventuais deficiências.

As relações entre os nutrientes potássio, cálcio e magnésio indicam que há uma faixa de distribuição dos valores de potássio e de cálcio, predominantes, enquanto os valores do magnésio se mantêm relativamente constantes (Figura 3).

Figura 3: Relação dos principais nutrientes foliares.



Os valores de macronutrientes nas folhas do faveiro são superiores aos encontrados em folhas senescentes de diversas espécies coletadas em redes sob fragmentos florestais nesta região por Costa e Miranda (2014), consistindo de uma média de várias espécies nativas. Os valores de micronutrientes no faveiro, no entanto, são inferiores, com exceção do cobre, cujo valor é similar ao das coletas nas redes. Comparados aos valores foliares de referência (CFSEMG, 1999) de uma espécie florestal nativa comercial melhor conhecida, a seringueira, os valores de macronutrientes no faveiro são altos, com exceção do nitrogênio. Os valores de micronutrientes são mais variados, sendo o do cobre e o do zinco, considerados baixos, o do ferro alto e o do manganês dentro da faixa adequada.

#### 4. CONCLUSÃO

Os solos amostrados na área de ocorrência apresentam baixa disponibilidade de nutrientes, o que demonstra uma boa adaptabilidade do Faveiro-de-wilson a condições adversas quanto à disponibilidade de nutrientes e justifica seu estabelecimento em áreas de transição entre Cerrado e Mata Atlântica.

Uma das estratégias adaptativas da espécie à baixa disponibilidade de determinados nutrientes no solo pode ser representada pela simbiose com organismos que possuem o potencial de fixar nutrientes no solo, através de estratégias de biodisponibilização.

A região de ocorrência está inserida em quase sua totalidade em propriedades particulares e o uso predominante é o pasto, indicando necessidade de se desenvolver medidas protetivas mais restritivas para a manutenção da população de *D. wilsonii*.

O relevo predominante na área de ocorrência indica a necessidade de manejo adequado de pastagem e demais usos.

O fato do maior número de exemplares de *D. wilsonii* amostrados está inserido em áreas abertas para pastagem provavelmente decorre da facilidade de acesso, uma vez que, dos exemplares catalogados, aqueles que estão localizados em mata fechada são de difícil identificação e registro.

## REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; De MORAES G. J. L.; & PAROVEK, G. (2013). **Köppen's climate classification map for Brazil**. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711–728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- CAIRES, E.F.; FELDHAUS, I.C.; BARTH, G. & GARBUIO, F.J. **Lime and gypsum application on the wheat crop**. *Sci. Agric.*, 59:357-364, 2002.
- CAMARGO, O.A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A.; VALADARES, J.M.A.S. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agronômico de Campinas. Campinas, Instituto Agronômico, 2009. 77 p.** (Boletim técnico, 106, Edição revista e atualizada).
- CFSEMG. 1999. **Recommendations for the use of fertilizers and in Minas Gerais. 5a. Aprox.** Viçosa, Minas Gerais. 359pp.
- CORREA C. T; & AVELAR, G. (2157). **Nutritional Contribution of Litterfall for a Surrounding Forest Area according to the Distance of a Forest Fragment**. *Journal of Environment and Ecology*, 5(2), 144–158. <https://doi.org/10.5296/jee.v5i2.6560>.
- DEMATTE, J. L. I; & DEMATTÊ, J. A. M. (1993). **Comparações entre as propriedades químicas de solos das regiões da floresta amazônica e do cerrado do Brasil Central**. *Scientia Agricola*, 50(2), 272–286. <https://doi.org/10.1590/S0103-90161993000200016>
- DONAGEMMA, G. K; CAMPOS, D. V. B. de; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M (org). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. Rio de Janeiro, 2011. 230p.
- DONAGEMMA, G. K; *et al.* **Padronização de Métodos para Análise Granulométrica no Brasil**. Comunicado Técnico. Embrapa Solos. Rio de Janeiro, 2012. ISSN 1517-5685. Agrônômico, 2009. 77 p. (Boletim técnico, 106, Edição revista e atualizada).
- DORMANN, C. F; ELITH, J; BACHER, S; BUCHMANN, C; CARL, G; CARRÉ, G; LAUTENBACH, S. (2013). **Collinearity: A review of methods to deal with it and a simulation study evaluating their performance**. *Ecography*, 36(1), 027–046. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2012.07348.x>
- DUBOC, E.; VENTURIN, N.; VALE, F.R do; DAVIDE, A .C. 1996. **Nutrition jatoba (*Hymenaeacoubaril L. var. Stilbocarpa (Hayne) Lee et Lang*)**. *Cerne*, 2(1): 138-152.
- ESRI: ArcGIS 10.1. **Redlands, California**: Environmental Systems Research Institute; 2012.
- FERNANDES, F. M. **Shapefile de catalogação dos exemplares de Faveiro-de-wilson na região da bacia do Córrego Marinheiro** (dados não publicados). Belo Horizonte, 2016.
- FERNANDES, F. M. e REGO, J. O. **Dimorphandra wilsonii Rizzini (Fabaceae): distribution, habitat and conservation status**. *Acta Botanica Brasílica*. v. 28, n. 3, p. 434-44. 2014.

FONSECA, M.B; SIMÕES, J.L; ISAÍAS, R.M.S; FRANÇA, M.G; SCOTTI, M.R; JAMES, E.K; SPRENT, J. 2010. **Rhizobial and arbuscularmycorrhizal fungal symbioses in *Dimorphandra wilsonii*, a threatened caesalpinioideae legume native to Brazilian cerrado**.in: contributions of XIII National Meeting of the spanish society of nitrogen Fixation and II Portuguese-spanish congress on nitrogen Fixation. Zaragoza, p. 127-128

GUIDÃO, P. R. C; PIVELLO, V. R; SPAROVEK, G; TERAMOTO, E; GONÇALVEZ, A;& NETO, P. (2006). **Relação entre solo, vegetação e topografia em área de cerrado (Parque Estadual de Vassununga, SP): como se expressa em mapeamentos?** *Acta Bot. Bras*, 20(2), 383–394. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062006000200013>.

HARIDASAN, M., SILVA JR., M.C., FELFILI, J.M., REZENDE, A.V. & SILVA, P.E.N. 1997. Gradient analysis of soil properties and phytosociological parameters of some gallery forests on the Chapada dos Veadeiros in the cerrado region of Central Brazil. In Proceedings of the international symposium on assessment and monitoring of forests in tropical dry regions with special reference to gallery forests (J. Iman,- Encinas. & C. Klein, eds.). Universidade de Brasília, Brasília, p.259-275.

JOLY, C.A., ASSIS, M.A., BERNACCI, L.C., TAMASHIRO, J.Y, CAMPOS, M.C.R., GOMES, J.A.M.A., LACERDA, M.S., SANTOS, F.A.M., PEDRONI, F., PEREIRA, L.S., PADGURSCHI, M.C.G., PRATA, E.M.B.; RAMOS, E., TORRES, R.B., ROCHELLE, A., MARTINS, F.R, ALVES, L.F., VIEIRA, S.A., MARTINELLI, L.A., CAMARGO, P.B., AIDAR, M.P.M., EISENLOHR, P.V., SIMÕES, E., VILLANI, J.P. & BELINELLO, R. **Floristic and phytosociology in permanent plots of the Atlantic Rainforest along an altitudinal gradient in southeastern Brazil.** *Biota Neotrop.* 12(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v12n1/en/abstract?article+bn01812012012>.

KOTCHETKOFF-HENRIQUES, O; JOLY, C. A.; BERNACCI, L. C. **Relação entre o Solo e a Composição Florística de Remanescentes de Vegetação Natural no Município de Ribeirão Preto, SP.** *Revista Brasil. Bot.*, v. 28, n. 3, p. 541-562, jul.-set. 2005.

KLIEMANN, H.J; BRAZ, A.J.P.B& SILVEIRA; P.M. **taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em Latossolo Vermelho Distroférrico.** *Pesquisa Agropecuária Tropica*, 36 (1): 21-28, 2006 – 21.MA

LOPES, A.S. **Solos sob “cerrado”: características, propriedades e manejo.** Piracicaba, Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1983.

MATTOS, I. F. A; ROSSI, M; COELHO, R. M; DeMARIA, I. C; FERREIRA, I. C. M. **A influência do solo na ocorrência da vegetação natural.** *Informe técnico, O Agrônomo*, Campinas, 57(2), 2005.

MENDONÇA, A.V.R; NOGUEIRA, F.D; VENTURIM, N; SOUZA, J.S. 1999.**Nutritional requirements of *Myracrodruon urundeuval* Fr. All (Aroeira do sertão).***Cerne*, 5(2): 67-75.

VENTURIM N; SOUZA, P. A. 2000. **Nutritional evaluation of candiúva (*Tremamicrantha Blume* L.) in greenhouse.** *Rev. Floresta* 29(1/2): 15-26.

OLIVEIRA, A. R. de. **Relações solo-paisagem e modelo de predição de solos da bacia do córrego Marinheiro, Sete Lagoas (MG)**. v, 74 f., enc.: il. Dissertação de Mestrado 2016, Instituto de Geociências - UFMG, Belo Horizonte - MG, Brasil.

OLIVEIRA-FILHO, A.T., CURTI, N., VILELA, E.A. & CARVALHO, D.A. 1998. Effects of canopy gaps, topography and soils on the distribution of woody species in a Central Brazilian deciduous dry forest. *Biotropica* 30:362-375.

RATTER, J.A., ASKEW, G.P., MONTGOMERY, R.F. & GIFFORD, D.R. 1978. Observations on forests of some mesotrophic soils in central Brazil. *Revista Brasileira de Botânica* 1:47-58.

R CORE TEAM. 2019. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

SAMPAIO, G. F; PEREIRA, M. P. R; & LIBOREIRO, C. (2013). **Potencial Hidrogeniônico (pH) do solo de uma área verde presente no Campus I do Centro Universitário de Sete Lagoas**. Anais do Congresso Brasileiro de Ciências do Solo, Florianópolis - SC (1), (1), 1–3.

SILVA, F. C da. (edit. Tec). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes** / editor técnico - 2. ed. rev. ampl. - Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627p.

TULLER, M. P. **Carta geológica**. Programa Geologia do Brasil. Serviço geológico do Brasil - CPRM. Escala 1:100.000. 2009.

TUCCI, C.A.F; PINTO, F. 2003. **Nitrogen in the production of seedlings of mahogany**. In: Brazilian Congress of Soil Science, 29. Ribeirão Preto. CD-ROM do 29 CBCS.

## CAPITULO 2

### **MODELAGEM DA FAVORABILIDADE DE OCORRÊNCIA DO FAVEIRO-DE-WILSON (*Dimorphandra wilsonii* Rizzini) NA REGIÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DO MARINHEIRO.**

#### **RESUMO**

A identificação de áreas favoráveis à ocorrência de determinada espécie se apresenta como um importante recurso de conservação da biodiversidade, principalmente quando a espécie em questão figura na lista das ameaçadas de extinção. O Faveiro-de-wilson é uma árvore endêmica que ocorre principalmente na Mata Atlântica e no Cerrado brasileiro. Criticamente ameaçada de extinção, tal espécie tem sido objeto de estudo de vários pesquisadores nos últimos anos, que objetivam garantir sua sobrevivência e, principalmente, aumentar sua população. Neste sentido, neste estudo aplicou-se um modelo espacialmente explícito para avaliar as áreas favoráveis à ocorrência natural do Faveiro-de-wilson, simulando sua distribuição espacial na área da bacia do Córrego Marinheiro (Sete Lagoas - MG), através do estudo de variáveis ecológicas e biofísicas. A resolução espacial do modelo foi de 30 por 30 metros, desenvolvido na plataforma de modelagem Dinamica EGO. Os dados identificaram uma extensa área ao Sul da bacia com alta favorabilidade de ocorrência da espécie. Através da campanha de validação, foi possível ainda identificar as principais fragilidades ambientais na área de ocorrência dos exemplares já catalogados, tais como: solo exposto, pisoteio de gado, competição com espécies invasoras, dentre outras. A modelagem de favorabilidade de ocorrência se mostrou uma importante técnica de auxílio aos projetos de identificação de ocorrência de espécies ameaçadas de extinção, podendo servir principalmente como subsídio à criação de políticas de proteção as espécies e áreas onde estão inseridas ou podem se desenvolver.

Palavra-chave: modelagem ambiental, modelo espacialmente explícito, Dinamica EGO.

## ABSTRACT

The identification of areas that are favorable to the existence of certain species, especially those included in the threaten species list, is an important resource for biodiversity conservation. The *Faveiro-de-Wilson* is an endemic tree that predominantly thrives in the Atlantic Forest and Cerrado (Brazilian Savannah). Due to its critically endangered status on the threatened species list, it has been the object of several researchers' in the recent years, aiming to to guarantee its survival and increase its population. This study presents a spatially explicit model simulating the species spatial distribution in the basin area of the *Córrego do Marinho, SeteLagoas* - MG, through the study of ecological and biophysical variables. The spatial resolution of the model is 30 by 30 meters, and it was developed on the modeling platform *Dinamica EGO*. The research identified a large area in the south region of the basin where there is a high potential for the species to grow. Through a validation campaign, it was possible to identify the major environmental fragilities in the species'occurrence area such as: exposed soil, cattle trampling and competition with invasive species. The modeling process used to determine the favorability for occurrence of this species is an important technique to help the identification of endangered species projects and may serve as an important contributor for the creation of protective policies to the maintenance and development of these areas and species.

Keywords: environmental modeling, spatially explicit model, Dynamic EGO.

## 1. INTRODUÇÃO

Um dos maiores desafios na conservação e manejo de espécies florestais de biomas tropicais em ameaça de extinção é a identificação das áreas de ocorrência, porque os biomas tropicais apresentam uma espacialização complexa. Devido à sua adaptabilidade a diferentes ambientes, as espécies podem ocorrer em áreas consideravelmente distantes umas das outras. Outro fator que dificulta essa identificação é a elevada antropização e fragmentação das fitofisionomias.

No entanto, Brooks et al. (2004) destacam que, mesmo diante das dificuldades de obtenção de dados atualizados acerca da ocorrência de espécies, mostra-se de extrema importância o desenvolvimento de projetos que possibilitem a coleta de informações detalhadas, com o objetivo de subsidiar a realização dos projetos conservacionistas de larga escala.

Christofoletti (1999) considera modelar como a prática de realizar aproximações subjetivas da realidade, que, a partir de um método de validação, pode representar conceitualmente um sistema complexo.

Assim, assumindo o padrão de distribuição espacial de uma dada espécie arbórea como um sistema complexo que pode ser compreendido como produto de um conjunto de processos ecológicos que determinaram sua evolução (PICARD, 2009). Pode-se então, a partir da caracterização de áreas de ocorrência desta espécie, simular, utilizando técnicas de modelagem, áreas que possuam características biogeofísicas semelhantes, facilitando a investigação da existência de novos exemplares e, principalmente, permitindo a seleção de áreas prioritárias para o estabelecimento desta respectiva espécie em projetos de restauração e de manutenção da sua população.

Baseada no conceito de nicho proposto por Hutchinson (1957), esse tipo de modelagem considera um sistema de  $n$  dimensões, onde os limites de sobrevivência e reprodução de cada espécie são determinados pelas condições bióticas e abióticas ali existentes.

Júnior (2013) considera que os modelos que objetivam compreender a distribuição de uma espécie biológica obedecem geralmente a um conjunto de normas comuns, assumindo que existe uma previsibilidade na resposta das espécies a gradientes ambientais específicos. A forma de relação da presença ou ausência de determinada espécie, relatada para uma parte de sua área de ocorrência, reflete a sua relação com toda a área e ainda a possibilidade de se

estimar a forma de distribuição, determinando áreas potenciais onde esta espécie está ou deveria estar.

Para tal, é importante conhecer as variáveis mais correlacionadas à presença ou ausência de determinada espécie. Vários autores, ao modelar a distribuição de espécies, consideram relevante a utilização de variáveis climáticas como temperatura média, precipitação, insolação, variáveis topográficas como declividade, altitude, inclinação, além de tipo de solo e características do solo, como fertilidade, textura, proximidade com corpos de água, dentre outros (DUTRA, 2008; SIQUEIRA & DURIGAN, 2007; JUNIOR & SIQUEIRA, 2009).

O Faveiro-de-wilson (*Dimorphandra wilsonii* Rizzini) é uma espécie arbórea, secundária tardia da família das fabaceae, de ocorrência endêmica nos biomas Mata atlântica e cerrado, especificamente na Floresta estacional semidecidual Montana e nas fisionomias cerrado stricto sensu e Cerradão (PAN-Faveiro, 2014), atualmente se encontra na lista vermelha das espécies criticamente em perigo de extinção (Martinelli & Moraes, 2013) e possui exemplares catalogados em três bacias hidrográficas, rio Paraopeba, rio das velhas e rio Pará (FERNANDES & REGO, 2014).

A região da bacia hidrográfica do Córrego Marinheiro, entre os municípios de Sete Lagoas e Prudente de Moraes, vem sofrendo constantemente pressão ambiental, tanto para expansão urbana como pela busca de água para abastecimento do município de Sete Lagoas, principalmente.

Santos et al. (2016) destacam que, nos últimos anos, intensificou-se o interesse pelo conhecimento da dinâmica físico-hídrica e dos possíveis conflitos futuros pelo uso da água que podem surgir na bacia do Córrego Marinheiro, em função dos problemas de escassez hídrica e do aumento da demanda por captação de suas águas.

Este cenário representa tanto uma ameaça à conservação de *D. wilsonii*, uma vez que as pressões impostas ao ambiente de ocorrência caracterizam diretamente uma ameaça à própria espécie, quanto também se caracteriza como um cenário de oportunidades, já que a presença de exemplares catalogados na bacia, aliada à sua importância no contexto hídrico municipal, apontam para a necessidade de se estabelecer medidas protetivas ou, até mesmo, restritivas de uso em sua área.

Assim, o objetivo deste estudo foi a partir de análise integrada da área de ocorrência do Faveiro-de-wilson na região da bacia do Córrego Marinheiro, desenvolver um modelo de favorabilidade de ocorrência que permitisse a identificação das áreas com maior e menor favorabilidade para o estabelecimento de tal espécie.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

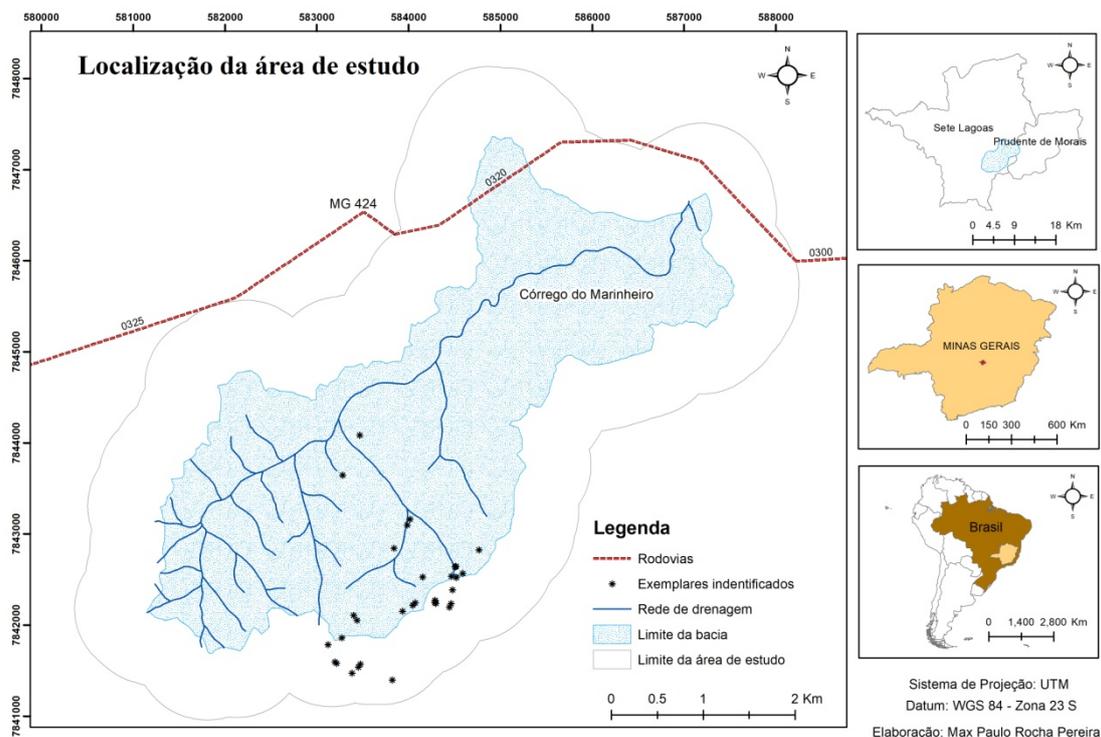
### 2.1 Área de estudo

Localizada na divisa do município de Sete Lagoas com Prudente de Morais região central de Minas Gerais, abacia do Córrego Marinheiro (Figura 1) está inserida na região de desenvolvimento do Vetor Norte, colar metropolitano, a aproximadamente 70 km de Belo Horizonte.

Integrante do domínio hidrológico do rio das Velhas, a bacia do Córrego Marinheiro é uma sub-bacia do Ribeirão Jequitibá, com uma área total de 14,8 Km<sup>2</sup>, sendo que, para a realização deste trabalho, adotou-se um buffer com raio de 750m no entorno da bacia, explorando as características dos exemplares catalogados na sua região.

De clima sub tropical úmido (Cwa), com inverno seco e verão quente (ALVARES et al, 2014), a bacia apresenta uma vegetação em transição de Cerrado (principalmente campo sujo) com Mata Atlântica (Floresta Estacional Semidecidual), com a altimetria variando entre 704 m e 950 m e as declividades variando de suave ondulada a forte ondulada (3 a 45%) (OLIVEIRA, 2016). A bacia, mesmo possuindo uma área relativamente pequena, apresenta diversidade nas características geomorfológicas.

Figura 1: Localização da Área de Estudo.



A geologia da área apresenta em destaque duas unidades pré-cambrianas: o embasamento granito-gnáissico da formação Belo Horizonte e os sedimentos neoproterozóicos do grupo Bambuí (Formação Sete Lagoas, membros Pedro Leopoldo e Lagoa Santa e Formação Santa Helena) (TULLER, 2010).

A bacia apresenta ainda relevante variabilidade de solo, sendo que considerando o primeiro nível categórico, foram identificadas as seguintes classes em sua área: Argissolos, Cambissolos, Chernossolos, Gleissolos, Nitossolos, Latossolos e Luvisolos (OLIVEIRA, 2016), sendo os Latossolos Vermelhos e Vermelho-Amarelos os predominantes.

## **2.2 Descrição Geral Do Modelo**

Aplicou-se um modelo espacialmente explícito, capaz de demonstrar a influência das variáveis com expressão espacial na ocorrência do fenômeno estudado (presença de exemplares), possibilitando identificar áreas com o mesmo padrão espacial onde existe a favorabilidade de ocorrência de *D. wilsonii*. O modelo simula a distribuição espacial da espécie na área de estudo com base em variáveis ecológicas e biofísicas. A resolução espacial do modelo é de 30 por 30 metros, desenvolvido na plataforma de modelagem Dinamica EGO, disponível para download em <http://csr.ufmg.br/dinamica/> (SOARES FILHO et al., 2009; SOARES FILHO et al., 2013).

## **2.3 Base de dados e pré-processamento**

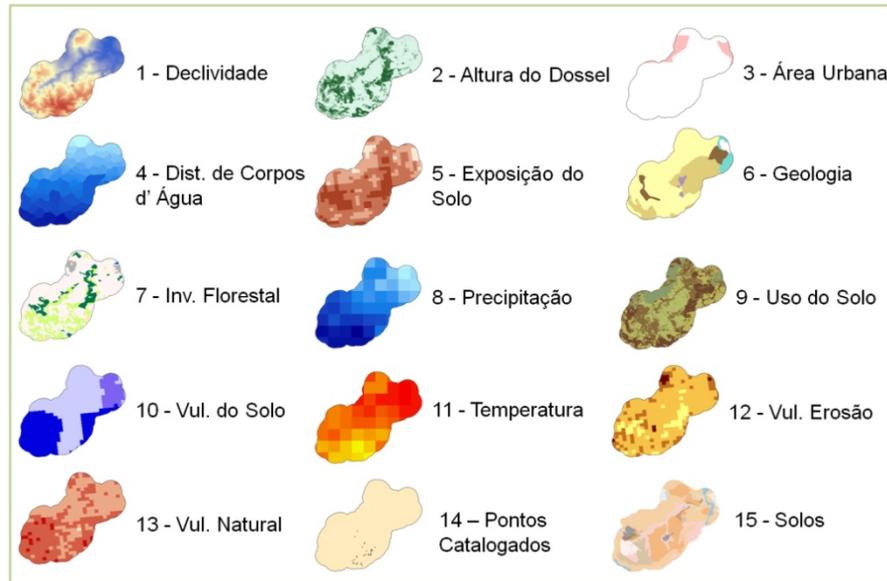
A elaboração do banco de dados considerou o indicado por Soares-Filho et al. (2009), que propõem a padronização dos dados a partir da rasterização dos mapas, adequação do número de linhas e células e concordância do sistema de projeção das diferentes bases que alimentaram o modelo, além de categorização das variáveis, uma vez que o *software* adotado utiliza apenas variáveis categóricas.

Para a construção do modelo aqui apresentado, a seleção de variáveis considerou o padrão de distribuição biogeográfico de ocorrência de *D. wilsonii* e o gradiente ambiental atribuído a essa variabilidade espacial.

A partir de então, foram usadas as variáveis que demonstraram potencial para exercer influência geoespacial para a favorabilidade de ocorrência desta espécie considerando a literatura do tema, elaborando assim um modelo com elementos estruturados a partir de um conjunto de variáveis referentes a uma característica geográfica particular como proposto por NUNES (2010); JARAMILLO-GIRALDO (2017) e COSTA (2018).

Os componentes da referida modelagem incluíram 15 mapas de entrada de variáveis biofísicas, apresentadas na Figura 2.

Figura 2: Expressão Espacial das Variáveis Utilizadas



Fonte: Pereira, 2018.

A fonte das variáveis foram respectivamente:

(1) declividade, extraída do Modelo Digital de Elevação – MDE de 2014, proveniente do satélite TanDEM-X do Centro Aeroespacial Alemão (DLR), de resolução espacial de 12 m (WESSEL, 2013).

(2 e 3) a altura do dossel (HANSEN et al., 2013) e o mapeamento das áreas urbanas (IBGE, 2010) foram retirados do banco de dados do Centro de Sensoriamento Remoto da UFMG – CSR.

(4, 5, 7, 10, 12 e 13) distância de corpos d’água, exposição do solo, tipologia florestal, vulnerabilidade do solo considerando a susceptibilidade do solo à degradação estrutural, a taxa de decomposição da matéria orgânica do solo e a probabilidade de contaminação ambiental pelo uso do solo; vulnerabilidade à erosão considerando o risco potencial de erosão, a intensidade das chuvas e a exposição do solo ao impacto direto das gotas de chuva e a vulnerabilidade natural considerando a integridade da flora, integridade da fauna, susceptibilidade dos solos a contaminação, susceptibilidade dos solos a erosão, susceptibilidade geológica a contaminação de águas subterrâneas, disponibilidade de água e condições climáticas, todas retiradas do banco de dados do Zoneamento Ambiental e Ecológico do Estado de Minas Gerais (ZEE MG, 2012).

(6) a geologia em escala de 1:25.000 utilizada foi retirada do estudo hidrogeológico do SAAE de Sete Lagoas (SAAE – Sete Lagoas, 2013).

(8 e 11) os dados climáticos de temperatura e precipitação foram extraídos do banco de dados do *WorldClim* (HIJMANS et al., 2017).

(9) o uso do solo considerou o mapeamento disponibilizado pelo MapBiomas (MapBiomas, 2016).

(14) os pontos das árvores catalogados foram disponibilizados por Fernandes, do arquivo da Fundação Zoo-botânica de Belo Horizonte (FERNANDES, 2017).

(15) a base de solos foi extraída do mapeamento de solos do Córrego Marinheiro em escala de 1:25.000 disponibilizado por Oliveira et al. (2017) e para a área adjacente a bacia foi utilizada a base de mapeamento do projeto Vida em escala de 1:50.000 (CETEC, 1996).

A partir das variáveis compiladas, procedeu-se à rasterização e à confecção dos mapas utilizando-se o *software* ArcGis 10.1 da ESRI, enquanto para a modelagem foi utilizado o *software* Dinamica EGO, do Centro de Sensoriamento Remoto da UFMG.

## 2.4 Modelagem da Favorabilidade de ocorrência do Faveiro-de-wilson

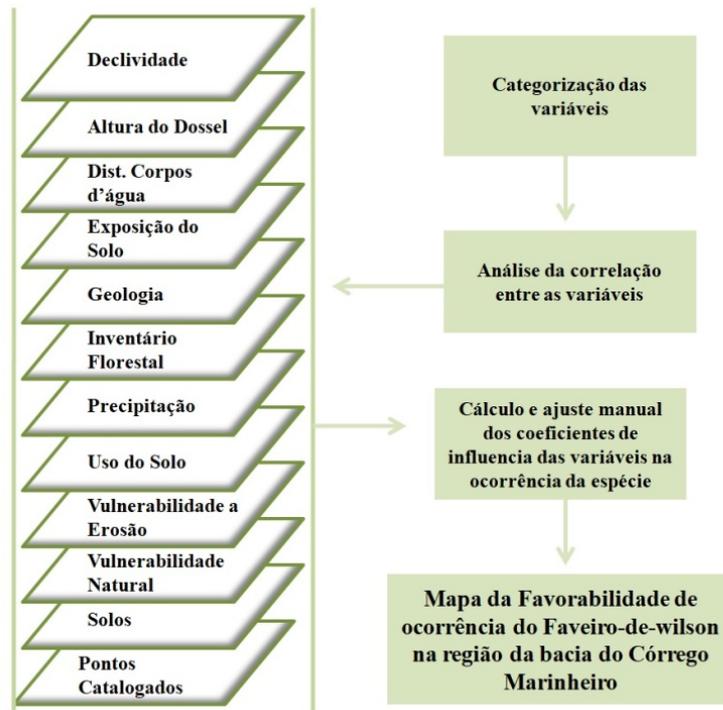
A partir do exposto, as variáveis, considerando o padrão de distribuição espacial da ocorrência do Faveiro-de-wilson, foram calibradas a partir da amostra de exemplares já catalogados na área de estudo e simulou-se a distribuição espacial para a região da bacia hidrográfica do Córrego Marinheiro.

A estrutura do modelo (Figura 3) foi construída considerando 4 fases distintas a saber: (A) Definição dos limites de abrangência para cada variável; (B) Cálculo dos coeficientes de significância para cada variável; (C) Cálculo da correlação entre as variáveis; (D) Espacialização da favorabilidade de ocorrência.

Na primeira etapa, os dados foram categorizados e o software definiu limites de abrangência de cada variável, padronizando os dados como input ao modelo.

Na sequência, foram calculados e determinados os coeficientes de significância para cada variável a partir da aplicação de pesos de evidência, que consistem em um método estatístico bayesiano não paramétrico, indicado para modelos de dados espaciais (SOARES-FILHO et al., 2004). Os pesos podem ser corrigidos manualmente, caso haja necessidade, mediante o conhecimento do modelador tanto com relação à área de ocorrência como às características da espécie.

Figura 3: Estrutura do Modelo de Favorabilidade



Fonte: Pereira, (2018).

Na etapa de análise da correlação dos dados, foi utilizado o teste de Cramer, observando-se as indicações de Bonham-Carter (1994), que considera que quanto maior a proximidade de 1, maior a dependência espacial entre os pares de variáveis. Assim, foram excluídas do modelo todas as variáveis com correlação espacial acima de 0,5, optando-se sempre por manter as variáveis que apresentassem maior potencial de explicar o evento em análise.

Por fim, a espacialização da favorabilidade de ocorrência se deu após a exclusão das variáveis correlacionadas, gerando-se o mapa com os limites entre baixa favorabilidade de ocorrência a alta favorabilidade de ocorrência para a área de estudo.

### 3. RESULTADO E DISCUSSÃO

A partir do estudo da área de ocorrência, considerou-se como *input* do modelo 15 variáveis. Após a realização da análise de Cramer para determinar a existência de correlação entre as 15 (Tabela 1), foram excluídas aquelas 3 que apresentaram correlação positiva acima de 0,5 pelo teste de Cramer, e o modelo foi rodado a partir de então com as 12 variáveis restantes, não correlacionadas.

Tabela 1 - Variáveis com alta correlação de Cramer.

Variável 1	Variável 2	Correlação de Cramer
Área Urbana	Uso do Solo	0,875434
Vulnerabilidade do Solo	Uso do Solo	0,734563
Vulnerabilidade do Solo	Solo	0,932423
Vulnerabilidade do Solo	Vulnerabilidade a erosão	0,833344
Vulnerabilidade do Solo	Exposição do solo	0,657435
Vulnerabilidade do Solo	Precipitação	0,703218
Temperatura	Precipitação	0,934567
Temperatura	Vulnerabilidade do solo	0,684360

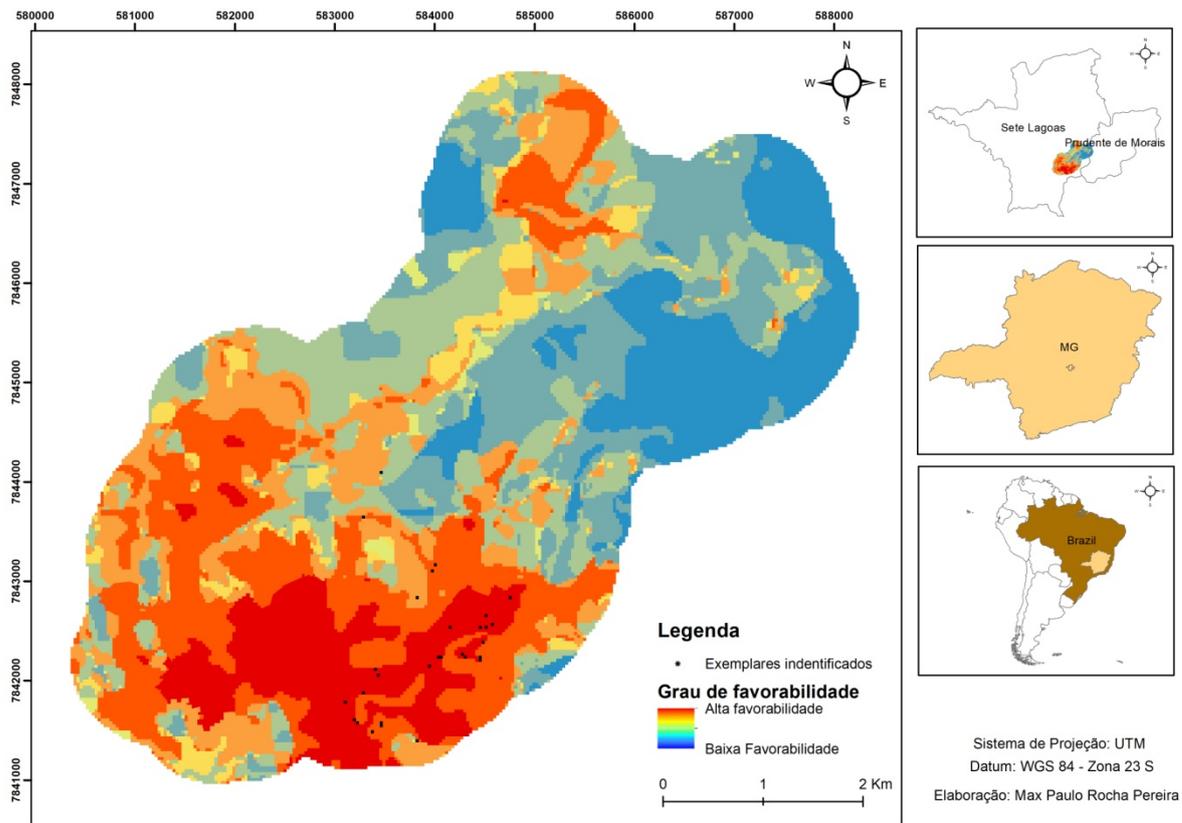
Fonte: Pereira, (2018).

Analisando as correlações, optou-se pela exclusão das variáveis área urbana, uma vez que a classe de uso do solo já contemplaria a área urbana e incluiria outras classes, a vulnerabilidade do solo, uma vez que a mesma é produto das outras variáveis de solo combinadas e também por representar a maior quantidade de altas correlações e, por fim, a variável temperatura, já que, como uma espécie endêmica de biomas tropicais, considerou-se que o regime hídrico seja mais sensível para sua adaptação do que a temperatura.

A modelagem da favorabilidade de ocorrência de *D. wilsonii*, na região da bacia do Córrego Marinheiro (Figura 4), indicou então as áreas mais propícias para a ocorrência da espécie no interior da bacia e em seu entorno.

A área na região ao Sul da bacia que apresenta maior favorabilidade de ocorrência está localizada na transição entre a região de média e a de alta altitude, entre 780 e 980 metros de altitude, em comparação com o restante da área da bacia.

Figura 4: Favorabilidade da Ocorrência do Faveiro-de-wilson na região da bacia do Córrego Marinheiro.



Fonte: Pereira, (2018).

A partir da validação, utilizando como amostra teste os exemplares catalogados nas áreas que apresentaram pelo modelo favorabilidade de ocorrência da espécie através de campanhas de campo, observou-se que cerca de 47% da área de estudo apresenta de média a alta favorabilidade de ocorrência. Destes, aproximadamente 27% apresenta alta favorabilidade de ocorrência (Tabela 1), indicando o relevante potencial da região da bacia do Córrego Marinho na manutenção e até no aumento da população do Faveiro-de-wilson.

Aproximadamente 1.800 ha, cerca de 56% da área de estudo considerada baixa favorabilidade, é representada principalmente pela região de menor altitude da bacia, com uso agrícola intensivo em algumas áreas e, mais próximos da área urbana.

Tabela 1: Distribuição da favorabilidade de ocorrência por área

Grau de favorabilidade	Área	
	Ha	%
Baixa favorabilidade	1,800	56
Favorabilidade intermediária	527.9	16
Alta favorabilidade	893	27.49

Pereira, (2018)

As classes de solos predominantes nas áreas de alta favorabilidade de ocorrência são respectivamente Latossolo Vermelho Eutrófico (LVe), Latossolo Vermelho Amarelo (LVA) e Cambissolo Álico (Ca). Com exceção dos LVe, as demais classes apresentam baixa fertilidade natural e acidez elevada.

Os usos predominantes nas áreas de alta favorabilidade são a pastagem e a vegetação nativa. No entanto, a maior parte (cerca de 90%) dos exemplares catalogados na região da bacia se encontra em área de Cerrado em transição, e o restante em áreas de Floresta Estacional Semidecidual. Apenas quatro das 17 árvores amostradas estão dentro da mata com características de vegetação densa. O restante está localizado em área de pastagem ou pastagem associada a uma vegetação mais arbustiva e espaçada, sem a formação de dossel.

A vulnerabilidade natural das áreas prioritárias para ocorrência está entre alta e média. Estas características podem indicar um caráter adaptativo da espécie a ambientes que apresentam certo nível de intervenção ou até mesmo com algumas características naturais limitantes, como a fertilidade do solo, por exemplo.

Fonseca et al. (2010) identificaram associações simbióticas com bactérias fixadoras de nitrogênio (BFn), fungos micorrízicosarbusculares (FMa) e ectomicorrízicos (ecM), que podem garantir maior aporte de nitrogênio (n) e fósforo (P), justificando assim, em parte, a favorabilidade de ocorrência de *D.wilsonii* em ambientes com alguma restrição nutricional, uma vez que tais relações favorecem o aporte de nutriente de diferentes fontes, como por exemplo, as já citadas BFn, que podem promover a fixação biológica de nitrogênio.

As áreas com maior favorabilidade de ocorrência também possuem a característica de receber a maior quantidade de chuva (análise da interpolação da pluviometria média da região) com as áreas de alta favorabilidade de ocorrência. Embora *D.wilsonii* apresente queda de folhas durante todo o ano, ela se torna mais expressiva entre os meses de maio e setembro, demonstrando um recurso adaptativo para economia de água neste período. Assim que se iniciam as chuvas, inicia-se também o período de rebrota (PAN-Faveiro, 2014).

A região ao Leste da bacia apresentou menor favorabilidade de ocorrência. Os fatores mais determinantes para essa diferenciação foram a menor altitude, menor quantidade de chuva em comparação com a região Sul da bacia e, principalmente, o uso agrícola mais intenso.

As áreas de alta favorabilidade de ocorrência na região da bacia do Córrego do Marinheiro são em sua totalidade, propriedades privadas. Sendo assim, mostra-se necessário, à luz do Plano Nacional de Conservação do Faveiro-de-wilson (PAN Faveiro), estabelecer parcerias que permitam a identificação de novos exemplares, além de um conjunto de

medidas educativas para os proprietários que indiquem, por exemplo, a substituição de manejo inadequado adotado nas áreas com exemplares catalogados ou até mesmo medidas de isolamento e recuperação do entorno dos exemplares.

Outra possibilidade vislumbrada, a partir do PAN Faveiro, é a articulação com o setor público no âmbito municipal, com o objetivo de inserir medidas protetivas aos exemplares existentes em propriedades beneficiadas por programas de valoração ambiental, como o programa “Produtor de Água”, por exemplo, considerando que a bacia do Córrego Marinheiro é uma bacia prioritária para o recebimento de recursos no advindos deste programa.

Dada a importância da bacia do Córrego Marinheiro para a manutenção da quantidade e qualidade da água desta região, o município de Sete Lagoas estuda a possibilidade da regulamentação de uma Área de Proteção Ambiental – APA dentro da bacia. No entanto, tal categoria de unidade de conservação se mostra muito frágil na perspectiva de preservação de espécies específicas. Assim, os autores consideram que a alta favorabilidade de ocorrência de *D.wilsonii* possui um potencial de enquadrar a área em uma unidade de conservação que seja mais restritiva, ou ainda de subsidiar um zoneamento de uso no âmbito de um futuro plano de manejo que considere a preservação prioritária dos exemplares já catalogados e das áreas com alto potencial de estabelecimento de comunidades de *D.wilsonii*.

Outra consideração relevante é o modelo de organização espacial encontrado nas áreas de ocorrência. Uma vez que a bacia do Córrego Marinheiro está inserida em Zona Rural do município de Sete Lagoas, as normas de parcelamento do solo urbano são mais restritivas, no entanto, tal área vem sofrendo fortes pressões por urbanização.

Vale considerar então a manutenção da área como tipologia rural, diminuindo se o risco de uma maior fragmentação do habitat desta espécie, uma vez que o parcelamento do solo nas áreas declaradas com tipologia urbana pode-se de adotar área mínima de 125 (cento e vinte e cinco) metros quadrados (LEI N° 6.766, DE 19 DE DEZEMBRO DE 1979) o que consequentemente aumentaria o adensamento e a fragmentação das áreas verdes.

### **3.1 Considerações Finais**

A modelagem da favorabilidade de ocorrência demonstrou ser uma relevante metodologia de auxílio à seleção de áreas prioritárias para identificação de espécies ameaçadas de extinção, assim como para priorização de áreas com alto potencial para execução de programas conservacionistas destas espécies.

A bacia do Córrego Marinheiro apresenta extensa área com alta favorabilidade de ocorrência de *D.wilsonii*, representando importante papel na conservação e manutenção de tal espécie.

A modelagem possui um relevante papel ao demonstrar espacialmente de forma visual e didática o potencial que o gradiente ambiental de uma área possui de conservação de uma espécie específica, dialogando com políticas públicas de preservação e conservação.

### **3.2 Sugestão para trabalhos futuros**

Considerando a proximidade dos pontos com exemplares já catalogados, sugere-se a extrapolação deste modelo para as demais áreas que possui registro da espécie assumindo como recorte, por exemplo, o Cerrado e a Mata Atlântica, a partir de caracterização e validação de campo nas demais regiões, podendo o estudo inclusive indicar corredores de alta favorabilidade de ocorrência interligados, orientado uma política conservacionista de *D.wilsonii* a nível regional.

## REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; De MORAES G. J. L.; & PAROVEK, G. (2013). **Köppen's climate classification map for Brazil**. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711–728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- BROOKS, T.; FONSECA, G. B. da; & RODRIGUES, A. L. 2004. **Species data and conservation planning**. *Conservation Biology* 18: 1682-1688.
- BONHAM-CARTER, G. 1994. **Geographic information systems for geoscientists: modeling with GIS**. New York, Pergamon, 398 p.
- CARVALHO, L.M.T. de; LOUZADA, J.N.C.; SCOLFORO, J.R.; OLIVEIRA, A.D. de. Flora. In: SCOLFORO, J.R.; CARVALHO, L.M.T. de; OLIVEIRA, A.D. de (Ed.). **Zoneamento ecológico-econômico do Estado de Minas Gerais: componentes geofísico e biótico**. Lavras: UFLA, 2008. p.137-150
- CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS - CETEC. **Caracterização pedológica e geomorfológica: estudos ambientais da região cárstica de Lagoa Santa e Sete Lagoas, MG**. Belo Horizonte: CPRM/CETEC, 1996. [Projeto Vida]
- CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.
- COSTA, E. L. da. **Pode o açaí (Euterpe precatoria Mart.) ser parte importante no desenvolvimento socioeconômico das famílias extrativistas no Acre, Brasil?** [manuscrito] / Elaine Lopes da Costa. – 2017. xi, 65 f., enc.: il. Dissertação de mestrado. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais.
- DUTRA, G.C.; CARVALHO, L.M.T. de. **Modelos de distribuição geográfica de *Amaiouaguianensis* Aubl. em Minas Gerais**, Brasil. *Ambiência*, v.4, p.47-55, 2008. Edição Especial.
- ESRI: ArcGIS 10.1. Redlands, California: **Environmental Systems Research Institute**; 2012
- FERNANDES, F.M., REGO, J.O. 2014. ***Dimorphandra wilsonii* Rizzini (Fabaceae): distribution, Habitat and conservation status**. *Acta Bot. Brasilica*, 28:434-444, doi:10.1590/0102-33062014abb3409.
- FONSECA, M.B; SIMÕES, J.L; ISAÍAS, R.M.R; FRANÇA, M.G; SCOTTI, M. R; JAMES, E. K; SPRENT, J. 2010. **Rhizobial and arbuscular mycorrhizal fungal symbioses in *Dimorphandra wilsonii*, a threatened caesalpinioideae legume native to Brazilian cerrado**. in: contributions of xiii national Meeting of the spanish society of nitrogen Fixation and ii Portuguese-spanish congress on nitrogen Fixation. Zaragoza, p. 127-128.
- FONSECA, M.B. 2013. **Interações bióticas e nitrogênio amoniacal no crescimento inicial de *Dimorphandra wilsonii* Rizz.** Tese de doutorado. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais.

**GLOBAL DATA CLIMA** - Disponível em: <http://www.worldclim.org/current>. Acesso em 20 de novembro de 2017. GSPS-0021, Issue 3.0. 2013.

HANSEN M. C; POTAPOV P. V; MOORE R; HANCHER M; TURUBANOVA S. A; TYUKAVINA, A. T. D; STEHMAN, S. V; GOETZ, S. J; LOVELAND, T. R; KOMMAREDDY, A; EGOROV, A; CHINI L; JUSTICE C. O; TOWNSHEND, J. R. G. (2013) **High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change**. Science 342:850–853. Data available on-line from: <<http://science.sciencemag.org/content/342/6160/850>.

HIJMANS, R. J. S. E; CAMERON, J. L; PARRA, P. G; JONES; A. JARVIS, **Worldclim-Hutchinson**, G.E. 1957. Concluding Remarks. Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol., 22, pp. 425-427.

BGE. **Censo Demográfico – 2010: Características da população e dos domicílios**. Resultados do universo. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Disponível em: . Acesso em: ago. 2016.

JARAMILLO-GIRALDO, C. et al. **Is it possible to make rubber extraction ecologically and economically viable in the Amazon? The Southern Acre and Chico Mendes Reserve Case Study**. Ecological Economics, v. 134, p. 186–197, 2017.

JUNIOR, P. de M. **Uso de modelos aditivos generalizados na estimativa da distribuição potencial de espécies**. Megadiversidade, v3, n° 1-2, pg 38 - 45. Dezembro de 2013. Belo Horizonte - MG, Brasil.

MARCO JUNIOR, P; SIQUEIRA, M. **Como determinar a distribuição potencial de espécies sob uma abordagem conservacionista?** Megadiversidade, v. 5, p. 65-76, 2009.

MARTINELLI, G; MORAES, M. A. 2013. **Livro vermelho da flora do Brasil**. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson- Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do rio de Janeiro.

PICARD, N; BAR-HEN, A; MORTIER, F; CHADOEUF, J. 2009. **Understanding the dynamics of an undisturbed tropical rain forest from the spatial pattern of trees**. Journal of Ecology, 97:1, 97- 108.

NUNES, F. S. DE M. **Valoração florestal através de modelagem da rentabilidade da extração de castanha-do-brasil em Madre de Dios, Peru**. 2010. Dissertação de mestrado. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais.

OLIVEIRA, A. R. de. **Relações solo-paisagem e modelo de predição de solos da bacia do córrego Marinheiro, Sete Lagoas (MG)**. v, 74 f., enc.: il. Dissertação de Mestrado 2016, Instituto de Geociências - UFMG, Belo Horizonte - MG, Brasil.

MARTINS, M. E; FERNANDES, F. M; MAURENZA, D; PUGY, N; LOYOLA, R; MARTINELLI, G. (org). **Plano de ação nacional para a conservação do Faveiro-de-wilson (*Dimorphandra wilsonii* Rizzini)**. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson estúdio: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2014.

SANTOS, D.de F. M. **Dinâmica do uso e cobertura do solo nos municípios de Sete Lagoas e Prudente de Moraes – MG** [manuscrito] : uma análise espacial do crescimento urbano /

Dalila de Fátima Moreira dos Santos. – 2016. 57 f., enc.: il. Dissertação de Mestrado. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais.

SIQUEIRA, M.F; DURIGAN, G. 2007. **Modelagem da distribuição geográfica de espécies lenhosas de cerrado no Estado de São Paulo**. Revista Brasileira de Botânica 30: 233-243.

Sistema Autônomo de Água e Esgoto – SAAE, Sete Lagoas. **Mapa Geológico do Município de Sete Lagoas**, 2013.

SOARES-FILHO, B; ALENCAR, A; NEPSTAD D; CERQUEIRA, G. C; VERA, D. M; RIVERO S; SOLÓRZANO L. 2004. **Simulating the Response of Land-Cover Changes to Road Paving and Governance Along a Major Amazon Highway: The Santarém-Cuiabá Corridor**. Global Change Biology, 10 (7), 745-764.

SOARES-FILHO, B; RODRIGUES, H; FOLLADOR, M. **A hybrid analytical-heuristic method for calibrating land-use change models**. Environmental Modelling & Software 43, 80-87 WESSEL, B. TanDEM-X Ground Segment – DEM Products Specification Document. Project Report. EOC, DLR, Oberpfaffenhofen, Germany, Public Document TD-GSPS-0021, Issue 3.0, 2013.

TULLER M.P; RIBEIRO J.H; SIGNORELLI N; FÉBOLI, W.L; PINHO, J.M.M. 2010. **Projeto Sete Lagoas-Abeté: Folha Contagem (1:100.000)**. Serviço Geológico do Brasil– CPRM, Belo Horizonte, 160 pp.

## ANEXO 1

Tabela 1. Fertilidade do solo na área de estudo

ID. Árvore	Profundidade	N	pH	K	P	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T	V	m	M.O
		g/kg		mg dm <sup>-3</sup>		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>								%	dag kg <sup>-1</sup>
403	0 – 20	2,3	5,3	133,81	2,89	2,92	0,31	0,4	5,64	3,57	3,97	9,21	38,8	10,08	5,12
	20 – 40	1,3	4,9	16,84	0,77	0,28	0,1	1,2	4,72	0,42	1,62	5,14	8,23	74,07	1,98
439	0 – 20	1,8	4,6	66,66	8,46	0,97	0,13	1,8	9,1	1,27	3,07	10,37	12,26	58,63	3,88
	20 – 40	1,5	4,4	21,18	8,92	0,35	0,1	2	8,7	0,5	2,5	9,2	5,48	80	3,11
418	0 – 20	2,6	4,8	125,15	35,62	1,91	0,43	1,6	10,28	2,66	4,26	12,94	20,56	37,56	4,34
	20 – 40	1,6	4,9	27,68	40,82	0,76	0,12	2,2	10,17	0,95	3,15	11,12	8,55	69,84	3,39
384	0 – 20	2,4	5,4	125,15	2,98	2,53	0,42	0,5	4,72	3,27	3,77	7,99	40,94	13,26	4,04
	20 – 40	1,2	5	23,34	0,54	0,42	0,1	1,4	4,99	0,58	1,98	5,57	10,41	70,71	1,74
385	0 – 20	2,7	5,6	133,81	1,83	2,56	0,46	0,4	4,09	3,36	3,76	7,45	45,14	10,64	3,95
	20 – 40	1,1	4,8	14,68	0,6	0,21	0,1	1,2	4,88	0,35	1,55	5,23	6,65	77,42	1,65
402	0 – 20	2,5	5,2	116,48	1,98	1,81	0,23	1,1	9,51	2,34	3,44	11,85	19,74	31,98	5,49
	20 – 40	1,5	5	19,01	0,6	0,54	0,1	1,7	9,51	0,69	2,39	10,2	6,75	71,13	3,67
401	0 – 20	2,2	5,5	47,17	1,27	2,62	0,1	0,6	5,83	2,84	3,44	8,67	32,77	17,44	3,95
	20 – 40	1,5	5,1	8,18	0,63	0,45	0,1	1,6	7,96	0,57	2,17	8,53	6,69	73,73	2,88
803 <sup>a</sup>	0 – 20	3,3	5,9	170,63	2,43	4,25	0,96	0,1	3,1	5,65	5,75	8,75	64,54	1,74	4,13
	20 – 40	1,4	5,5	75,33	0,8	1,27	0,37	0,7	3,66	1,83	2,53	5,49	33,39	27,67	1,69
804	0 – 20	2,4	4,8	38,5	2,95	0,41	0,1	1,4	6,03	0,61	2,01	6,64	9,17	69,65	3,43
	20 – 40	1,3	4,9	12,51	0,69	0,1	0,1	1	4,09	0,23	1,23	4,32	5,37	81,3	1,38
616	0 – 20	3,98	5,1	46,99	4,39	1,72	0,18	0,51	6,1	2,02	2,53	8,12	24,88	20,16	3,54
	20 – 40	0,78	4,7	10,12	2,02	0,12	0,1	1,29	4,62	0,25	1,54	4,87	5,05	83,77	0,93
615	0 – 20	2,8	4,8	120,71	4,33	1,42	0,35	0,86	7,79	2,08	2,94	9,87	21,07	29,25	3,24
	20 – 40	1,28	4,9	36,75	0,82	0,2	0,1	0,92	4,62	0,39	1,31	5,01	7,87	70,23	1,25
614	0 – 20	4,08	5,6	147,34	3,54	4,8	0,65	0,17	5,22	5,83	6	11,05	52,74	2,83	4,83
	20 – 40	2,22	4,6	63,37	2,14	0,18	0,1	2,16	11,24	0,44	2,6	11,68	3,79	83,08	2,08
622	0 – 20	2,78	5,5	192,39	5,34	2,6	0,72	0,14	5,05	3,81	3,95	8,86	43,04	3,54	3,12
	20 – 40	1,76	5,2	40,84	0,79	0,49	0,39	1,55	6,03	0,98	2,53	7,01	14,05	61,26	0,92

## ANEXO 1

Tabela 1. Fertilidade do solo na área de estudo

ID. Árvore	Profundidade	N	pH	K	P	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T	V	m	M.O
		g/kg		mg dm <sup>-3</sup>			cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>					%		dag kg <sup>-1</sup>	
398	0 – 20	3,58	5,7	116,62	5,91	2,63	0,71	0,11	3,95	3,64	3,75	7,59	47,95	2,93	4,2
	20 – 40	1,48	4,7	24,46	2,32	0,13	0,1	1,32	5,4	0,29	1,61	5,69	5,14	81,99	1,42

SB = soma de bases, T = Capacidade de troca de cátions, t = Capacidade efetiva de troca de cátions, m = índice de saturação por alumínio, V = índice de saturação por bases.

Tabela 2. Micronutrientes do solo na área de estudos

ID. Árvore	Profundidade	P-rem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S
		mg L <sup>-1</sup>	mg dm <sup>-3</sup>					
403	0 – 20	18,18	1,53	151,75	18,14	1,47	0,08	6,32
	20 – 40	10,58	0,59	71,55	8,45	1,07	0	12,13
439	0 – 20	8,63	0,48	109,65	39,88	0,82	0,02	7,75
	20 – 40	6,95	0,52	88,84	32,4	0,73	0,01	8,53
418	0 – 20	11,63	0,93	98,63	51,09	0,87	0,08	7,84
	20 – 40	7,53	0,33	64,05	23,96	0,8	0,01	10,58
384	0 – 20	20,63	1,06	116,54	16,36	0,82	0,06	11,57
	20 – 40	11,24	0,48	54,09	3,8	0,45	0,01	10,39
385	0 – 20	27,17	1,3	96,31	9,18	0,78	0,03	12,9
	20 – 40	10,95	0,32	70,9	3,74	0,49	0,02	11,02
402	0 – 20	11,99	0,8	106,77	9,76	0,51	0,08	41,41
	20 – 40	7,2	0,3	64,68	4,59	0,41	0,02	25,01
401	0 – 20	11,76	0,46	104,78	12,82	0,69	0,02	20,01
	20 – 40	6,83	0,34	60,38	6,53	0,52	0,04	29,13
803 <sup>a</sup>	0 – 20	30,84	1,45	76,38	84,5	1,16	0,02	16,15
	20 – 40	21,12	0,42	67,67	24,29	0,93	0,04	16,32
804	0 – 20	19,73	1,16	95,48	58,54	1,34	0,03	13,42

---

	20 – 40	18,35	0,42	37,16	12,77	0,62	0,01	14,93
616	0 – 20	37,9	0,94	31,07	61,87	0,65	0,05	5,67
	20 – 40	34,33	0,31	30,71	44,5	0,92	0,11	4,82
615	0 – 20	33,32	2,04	100,08	21,9	0,73	0,06	5,12
	20 – 40	25,39	0,49	43,62	10,21	0,76	0,08	4,1
614	0 – 20	34,94	1,75	102,48	39,59	0,71	0,1	6,47
	20 – 40	26,48	0,5	127,43	10,82	1,56	0,13	7,67
622	0 – 20	40,67	1,66	47,72	56,16	0,59	0,1	5,36
	20 – 40	26,18	0,28	37,73	18,18	1,59	0,05	3,62
398	0 – 20	30,59	1,47	65,83	39,85	1,01	0,07	5,67
	20 – 40	22	0,31	67,4	18,48	0,24	0,02	5,06

---