

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA APLICADO AO
MANEJO E CONSERVAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS**

Sheila Sousa de Jesus Peixoto

**Influência das plantações de *Eucalyptus* nas comunidades de
macroinvertebrados bentônicos em nascentes tropicais**

JUIZ DE FORA

2019

Sheila Sousa de Jesus Peixoto

Influência das plantações de *Eucalyptus* nas comunidades de macroinvertebrados bentônicos em nascentes tropicais

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ecologia Aplicada a Conservação e Manejo de Recursos Naturais.

Orientador: Prof. Dr. Roberto da Gama Alves

Co-orientadora: Lidimara Souza da Silveira

JUIZ DE FORA

2019

Agradecimentos

Primeiramente, gostaria de agradecer à Deus por todas as oportunidades que me foram proporcionadas. O tempo em que estive no mestrado foi repleto de desafios no âmbito profissional, também no pessoal e emocional e agradeço muito pelos momentos de crescimento. Sinto-me privilegiada por estudar em uma universidade federal e por ter conseguido ingressar no mestrado no programa de ecologia.

Agradeço à minha mãe, Leliana, que sempre me incentivou a estudar e me ensinou que devo ser responsável, grata e dar o melhor de mim em qualquer atividade que eu for exercer. Sem ela nada disso seria possível. Sempre estive ao meu lado acreditando e auxiliando no meu desenvolvimento profissional e pessoal.

Gostaria de agradecer a todos os meus amigos que de alguma forma se fizeram presentes nessa etapa. Em especial à Kássia, que me ensinou a utilizar programa organizador de referências bibliográficas, pelos conselhos com relação à escrita, por me doar café quando precisei e por sermos amigas. Ao Antônio, por me inspirar e motivar. À Suênia, que também esteve comigo em alguns momentos durante a triagem e identificação do material. Ao Lucas Castro que dividia o laboratório comum comigo. À Nathália que me inspirou com sua trajetória e conquistas. Ao Gladson, técnico do laboratório de Ecologia Aquática-UFJF, que me ensinou a fazer as análises químicas da água. Agradeço também a Francisleia extremamente cuidadosa com seu trabalho na área da limpeza. Fazia questão de me dar um abraço e perguntar como eu estava. À professora Simone que tirou algumas tardes pra me ajudar na primeira caracterização dos dados e por me ensinar a usar o R. Agradeço também aos colegas de laboratório que sempre que possível ajudavam com as atividades, principalmente na parte da coleta e triagem. Em especial, agradeço ao Pedro que realizou minhas coletas no período em que estive impossibilitada por questões médicas. Além disso, tive sua ajuda na identificação dos EPTs e realização da granulometria. Sempre que precisava discutir alguma nuance do trabalho ele se deixava a disposição. Agradeço à Luiza que me ajudou principalmente na triagem e também nas coletas. Agradeço a Lara que também participou das minhas coletas. Ao Roberto que me orientou em toda essa jornada e sempre me incentivou a seguir o

caminho da pesquisa. A Lidimara por ter me co-orientado e auxiliado, principalmente, na parte de análises de dados e escrita da dissertação.

Por fim, agradeço a Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) e ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia (PGECOL) pelo apoio e estrutura fornecida para a realização deste trabalho. Agradeço aos Laboratório de Ecologia Aquática (LEA - UFJF) e ao Núcleo de Análise Geo Ambiental (NAGEA - UFJF) pelo auxílio com as análises químicas das minhas amostras e pela confecção dos mapas, respectivamente. Agradeço aos secretários do PGECOL por todo auxílio. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa. Finalizando, aproveito para agradecer ao governo Lula pelo incentivo a educação, juntamente com a criação das diversas unidades federais de ensino e pelas políticas públicas de incentivo educacional. Gostaria muito que os próximos governantes, independente da ideologia política, pudessem valorizar e investir no desenvolvimento da educação pública, ciências e tecnologias.

“Transportai um punhado de terra todos os dias e fareis uma montanha.”

Confúcio

Resumo

Os ecossistemas de água doce estão entre os ambientes mais ameaçados do planeta, sendo que o uso e ocupação do solo por populações humanas é um importante fator de degradação desses ambientes. Nascentes são naturalmente sensíveis à impactos principalmente por apresentarem dimensões diminutas. Possuem grande biodiversidade associada, composta, principalmente, por macroinvertebrados bentônicos. Com isso, o objetivo deste trabalho foi verificar a influência da vegetação do entorno de nascentes sobre a comunidade de macroinvertebrados bentônicos. Dez nascentes, 5 em áreas de plantações de Eucalipto e 5 em áreas de mata com vegetação nativa, foram amostradas. Os organismos foram triados e identificados até família e as variáveis ambientais foram aferidas no momento da coleta. A riqueza e diversidade de macroinvertebrados bentônicos em nascentes diferiram significativamente em função do entorno de vegetação nativa e eucalipto. As nascentes em área de eucalipto apresentaram os maiores valores de condutividade específica (SPC), condutividade elétrica (C), sólidos totais (TDS) e sal (SAL). Por sua vez, nascentes em área de mata apresentaram os maiores valores de cobertura vegetal (Cob_veg) e potencial oxi-redutor (ORP). Os resultados obtidos sugerem que nascentes em áreas de Eucalipto são afetadas pela monocultura com a diminuição da qualidade da água, riqueza e diversidade de macroinvertebrados bentônicos. Além disso, ressaltamos a importância do entorno dos cursos d'água com vegetação nativa para a manutenção da integridade ecológica dos ecossistemas aquáticos e sugerimos o manejo consciente do mesmo como uma efetiva ferramenta para a conservação da biodiversidade aquática.

Palavras – chave:

Insetos aquáticos, uso da terra, água-doce, Eucalipto, Floresta Atlântica, Vegetação nativa, Bentos.

Abstract

Freshwater ecosystems are among the most threatened environments in the world and land use and occupation by human populations is an important factor in the degradation of these environments. Springs are naturally sensitive to impacts mainly due to their small size. They have great biodiversity composed mainly of benthic macroinvertebrates. The aim of this study was to verify the influence of vegetation around springs on the community of benthic macroinvertebrates. 10 springs, 5 in eucalyptus plantation areas and 5 in native forest, were sampled. The organisms were collected and identified until family and the environmental variables were assessed. The richness and diversity of benthic macroinvertebrates in springs differed significantly between native vegetation and eucalypto. Eucalyptus springs presented the biggest values of specific conductivity (SPC), conductivity (C), dissolved total solids (TDS) and salt (SAL). On the other hand, springs in forest areas presented the biggest values of canopy (Cob_veg) and oxy-reducing potential (ORP). These results suggest that springs in eucalyptus areas are affected by monoculture with decreasing water quality, richness and diversity of benthic macroinvertebrates. In addition, we emphasize the importance of native vegetation around water courses to maintain the ecological integrity of aquatic ecosystems. Finally, we suggest the caution management of surrounding vegetation of springs prioritizing the use of native vegetation as an effective tool for the conservation of aquatic biodiversity.

Key words:

Aquatic insects, land use, freshwater, eucalyptus, atlantic forest, native vegetation, bentos.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Caracterização da área A, situada em Coronel Pacheco, microrregião de Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil. E1A= Nascente 1, Eucalipto, área A; E2A= Nascente 2, Eucalipto, área A; E3A= Nascente 3, Eucalipto, área A; M1A= Nascente 1, Mata, área A M2A= Nascente 2, Mata, área A. 16

Figura 2: Caracterização da área B situada em Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil. E4B= Nascente 4, Eucalipto, área B; M3B= Nascente 3, Mata, área B; M4B= Nascente 4, Mata, área B e M5B= Nascente 5, Mata, área B. 16

Figura 3: Caracterização da área C situada em Torreões, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil. E5C= Nascente 5, Eucalipto, área C. 17

Figura 4: Análise de Componentes Principais (PCA) das variáveis: Cobertura Vegetal (Veg), Largura (Larg), Profundidade (Prof), Altitude (Alt), Temperatura (Temp), Oxigênio Dissolvido (OD), Condutividade Específica (SPC), Condutividade (C), Sólidos Totais (TDS), Salinidade (SAL), Potencial Hidrogeniônico (pH), Turbidez (Turb), Índice de impacto Ambiental (IC), Nitrito (NO₃), Nitrato (NO₂), Amônia (NH₄), Nitrogênio Inorgânico Dissolvido (DIN), Nitrogênio Orgânico Total (NOT), Nitrogênio Total (NT), Sílica (SiO₃), Fósforo Dissolvido (P043-), Fósforo Total (PT), Areia Muito Grossa (AMG), Areia Grossa (AG), Areia Média (AM), Areia Fina (AF), Areia Muito Fina (AMF), Silte e Argila (Sil), Matéria Orgânica (MO), Mercúrio (mmHg) e Potencial Óxi-Redutor (ORP) de 10 nascentes em áreas de mata e eucalipto em propriedades rurais em Juiz de Fora e Microrregiões, Minas Gerais, Brasil. Unidades amostrais em verde (ua1, ua2, ua3, ua4 e ua5) são nascentes em área de mata. Unidades amostrais em azul (ua6, ua7, ua8, ua9 e ua10) são nascentes em área de eucalipto. Variáveis sobrepostas marcadas com asterisco (*): C, TDS e SPC. 21

Figura 5: Abundância dos grandes grupos de macroinvertebrados bentônicos: coletados em 10 nascentes em propriedades rurais no município de Juiz de Fora e microrregiões. 23

Figura 6: Porcentagem das famílias da ordem Diptera(Outros = Chaoboridae, Corethrellidae, Culicidae, Diptera_sp1, Dixidae, Empididae, Psychodidae, Stratiomidae e Tabanidae) coletadas em 10 nascentes em propriedades rurais no município de Juiz de Fora e microrregiões, Minas Gerais, Brasil. 23

Figura 7: Porcentagem das famílias da ordem Trichoptera coletadas em 10 nascentes em propriedades rurais no município de Juiz de Fora e microrregiões, Minas Gerais, Brasil. 24

Figura 8: Boxplot da riqueza de macroinvertebrados bentônicos entre nascentes em áreas de mata e áreas de eucalipto. Bolinhas vermelhas representam as médias. 25

Figura 9: Boxplot da diversidade de Shannon (H') de macroinvertebrados bentônicos entre nascentes em áreas de mata e áreas de eucalipto. Bolinhas vermelhas representam as médias. 26

Figura 10: Táxons mais abundantes em 5 nascentes em áreas de mata e em 5 nascentes em áreas de Eucalipto em propriedades rurais em Juiz de Fora e microrregiões, Minas Gerais, Brasil. Chiro= Chironomidae, Lepto= Leptoceridae, Oligo=Oligochaeta e Ceratop=Ceratopogonidae. Para outros, vide tabela em apêndice C. 27

Figura 11: Similaridade da composição da comunidade de macroinvertebrados bentônicos (NMDS; índice de similaridade Bray-curtis) entre nascentes em áreas de mata (polígonos verde) e eucalipto (polígono vermelho) em propriedades rurais em Juiz de Fora e microrregiões, Minas Gerais, Brasil. 29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Correlações das variáveis ambientais com os eixos 1 e 2, proporção explicada, autovalores e broken-stick da Análise de Componentes Principais. 22

Tabela 2: Valores de riqueza, abundância, índice de equitabilidade de Pielou e índice de diversidade de Shannon de macroinvertebrados bentônicos coletados em 10 nascentes em propriedades rurais em Juiz de Fora e microrregiões, Minas Gerais, Brasil. 24

Tabela 3: Táxons que ocorreram somente em nascentes em áreas de eucalipto 27

Tabela 4: Táxons que ocorreram somente em nascentes em áreas de mata... 28

SUMÁRIO

1- Introdução	12
2- Material e Métodos.....	14
2.1 – Área de estudo	14
2.2- Amostragem	17
2.3- Variáveis ambientais	18
2.4- Análises estatísticas.....	19
3- Resultados	20
3.1- Variáveis ambientais	20
3.2- Estrutura e composição da fauna de Macroinvertebrados Bentônicos	22
3.3- Ordenação das áreas.....	28
4- Discussão:.....	29
4.1- Variáveis ambientais	29
4.2- Estrutura e composição da fauna de macroinvertebrados bentônicos	31
5- Conclusão	34
Referências	35
Apêndice A.....	42
Apêndice B.....	43
Apêndice C.....	46

1- Introdução

Os ecossistemas de água doce estão entre os ambientes mais ameaçados no mundo. Tais ameaças tem origem a partir da degradação ou destruição dos habitats, invasão de espécies exóticas, poluição e modificação do fluxo das águas e super exploração do ambiente (Dudgeon *et al.*, 2006). O uso da terra e ocupação por populações humanas podem causar mudanças ambientais nos cursos d'água. Tais mudanças incluem alterações nas variáveis abióticas que resultam em uma simplificação estrutural dos habitats que afeta não só a quantidade e distribuição dos grupos bióticos, mas também a biologia e/ou características funcionais dos indivíduos (Vitule *et al.*, 2012; Gimenez e Higuti, 2017).

Dentre as práticas de uso da terra a produção de eucalipto, um gênero de importância mundial, representa 8% de todas as florestas plantadas do mundo (Pereira *et al.*, 2014). O gênero eucalipto é originário da Austrália e engloba mais de 730 espécies que se adaptam aos mais variados tipos de clima e solo (TTF, 2017). Espécies de eucalipto são plantadas em quase todas as regiões do Brasil e sua madeira destina-se, principalmente, para a produção de celulose e carvão (Iwakiri *et al.*, 1999). Minas Gerais lidera em áreas de florestas plantadas, contando 1,49 milhão de hectares destinados a essa prática segundo a Confederação da Agricultura e Pecuária (CNA, 2016).

As folhas de eucalipto apresentam componentes com potencial toxicidade, como óleos essenciais com propriedades antibacterianas, antifúngicas, anti sépticas e para manejo de pragas (Canhoto e Graça, 1995; Rossi e Palacios, 2015). Além disso, as folhas também produzem exudatos que podem modificar as propriedades físicas do solo aumentando sua hidrofobicidade. Solos altamente hidrofóbicos têm taxas de infiltração menores nos períodos de chuva (Abelho e Graça, 1996; Batish *et al.*, 2008), o que compromete a recarga do aquífero e consequentemente, modifica os padrões dos fluxos de descarga da água. Também podem favorecer a erosão e carreamento de sedimento para os corpos hídricos (Burch *et al.*, 1989; Abelho e Graça, 1996), o que contribui para a

homogeneização dos habitats aquáticos, pois diminui a complexidade de microhabitats que, por sua vez, fornecerá menor diversidade de nichos.

Dentre os ecossistemas aquáticos, as nascentes são caracterizadas por terem uma estrutura espacial heterogênea configurada por zonas de transição entre ambientes diferentes, por exemplo, águas subterrâneas estáveis são gradualmente substituídas por uma lâmina d'água altamente dinâmica. Da mesma forma, o ambiente aquático se conecta gradativamente ao ambiente terrestre (Gathmann e Williams, 2006). Essa conexão de habitats em mosaico associada à complexidade de microhabitats, por exemplo, folhas, musgos, rochas, galhos e troncos, possibilita o estabelecimento de uma fauna diversa (Gathmann e Williams, 2006; Staudacher e Füreder, 2007). Com isso, mesmo sendo ambientes cuja área superficial é normalmente pequena, as nascentes são consideradas "hot spots" para a biodiversidade aquática (Staudacher e Füreder, 2007) e também são extremamente sensíveis a perturbações (Cantonati *et al.*, 2012).

Dentre a fauna que reside em nascentes, as comunidades de macroinvertebrados bentônicos são compostas basicamente pelos filos Arthropoda (insetos, ácaros e crustáceos de água doce), Mollusca (caracóis e bivalves), Annelida (vermes segmentados), Nematoda (vermes cilíndricos) e Platyelminthes (vermes planos); sendo 90% dos macroinvertebrados encontrados em cursos d'água da classe Insecta (Gimenez *et al.*, 2017). Quanto à ecologia do grupo, estes invertebrados possuem ciclos de vida suficientemente longos para seu uso em biomonitoramento, é um grupo com alta diversidade oferecendo amplo espectro de tolerância e respostas frente a diferentes níveis de contaminação do ambiente (Alba-Tercedor, 1996; Callisto *et al.*, 2001). Ou seja, dentro deste grupo, quanto a características fisiológicas e comportamentais, existem organismos: (1) sensíveis (necessitam de águas limpas), por exemplo, larvas de Trichoptera- Insecta; (2) tolerantes (toleram águas com qualidade intermediária), por exemplo, ninfas de Odonata- Insecta e Amphipoda - Crustacea) e (3) resistentes (sobrevivem em água poluídas, de menor qualidade, com resíduos orgânicos e industriais), por exemplo, alguns Chironomidae - Diptera- Insecta (Callisto *et al.*, 2001; Bispo *et al.*, 2006).

Recentemente, foi reportado que, dentre as comunidades mais ameaçadas devido a modificações nos ecossistemas por meio do uso da terra, estão as de macroinvertebrados bentônicos (Fierro *et al.*, 2016). As comunidades aquáticas são potencialmente vulneráveis a fatores que afetam a qualidade ou a quantidade de matéria orgânica que entra no sistema a partir do ambiente terrestre circunvizinho (Abelho e Graça, 1996). Existem registros que constataam a redução da riqueza e abundância de insetos aquáticos em riachos em áreas de plantações de eucalipto, devido a homogeneização do ambiente, diminuição da qualidade da matéria orgânica (Abelho e Graça, 1996; Larrañaga *et al.*, 2009) e toxicidade das folhas (Batish *et al.*, 2008; González-García *et al.*, 2012; Pereira *et al.*, 2014; Rossi e Palacios, 2015) diminuindo a diversidade de macroinvertebrados bentônicos pelo uso da terra.

Considerando o Brasil um produtor de eucalipto e a crescente preocupação com a proteção, manutenção e monitoramento da qualidade e biodiversidade dos corpos hídricos, se faz necessário estudar as relações entre plantações de *eucalipto*, nascentes e biodiversidade associada. Logo, este trabalho teve como objetivo investigar a estrutura e composição das comunidades de macroinvertebrados bentônicos em nascentes em áreas com plantio de eucalipto e em áreas de mata com vegetação nativa, visando entender como o uso da terra pode influenciar os ecossistemas aquáticos. Nossa hipótese é de que nascentes em áreas de plantação de eucalipto apresentarão menor abundância e riqueza de macroinvertebrados bentônicos por influência do entorno.

2- Material e Métodos

2.1 – Área de estudo

Foram selecionadas dez nascentes (5 em plantio de eucalipto e 5 em mata nativa), localizadas em três propriedades particulares (área A, área B e área C) no município de Juiz de Fora e microrregiões, Minas Gerais, Brasil. O município de Juiz de Fora se encontra na região sudeste do estado de Minas Gerais, mesorregião Zona da Mata Mineira, Brasil. O clima regional, segundo a

classificação de Köppen, é Cwa (mesotérmico, com verão chuvoso e quente e inverno seco). Em 2017, época das coletas, as chuvas acumuladas mensais nos meses junho, julho e agosto foram menores que 25mm (Inmet, 2017). Quanto ao relevo, o município é diversificado com colinas côncavo-convexas e vales sob domínios de floresta atlântica. É uma Região com solo do tipo latossolo vermelho/amarelo (Mapa de solos do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2010) e de antigas rochas que armazenam minerais básicos com ocorrências de quartzo, feldspato e mica. Também podem ser encontrados: argila com teor de ferro, caulim, ametista, talco e águas minerais (Anuário Estatístico de Juiz de Fora, 2009).

A área A ($21^{\circ}35'17,85''S$ e $43^{\circ}15'47,81''W$) apresenta 382,19 ha e perímetro de 10.632,35 m. Da área total, 84,14 ha (22,01%) são de reserva legal, constituída por pasto e áreas de mata com vegetação nativa; 89,58 ha destinados a monocultura de eucalipto e 84,58 ha com plantio eucalipto em sistema silvipastoril (eucalipto, pastagem e gado Brangus) (figura 1). A área B ($21^{\circ}39'40,13''S$ e $43^{\circ}34'30,06''W$) apresenta 271,00 ha e perímetro de 9.492,07 m. Da área total desta propriedade, 110,01 ha são constituídos por matas com vegetação nativa; 74,96 ha destinados a monocultura de eucalipto; 10,01 ha de pasto e 3,53 ha de canavial (figura 2). Por fim, a área C ($21^{\circ}52'57,50''S$ e $43^{\circ}36'13,50''W$) apresenta 61,78 ha, sendo 46,22 ha destinados à monocultura de eucalipto e 7,07 ha de áreas de mata com vegetação nativa (figura 3). Todas as áreas de mata são fragmentos de floresta atlântica em estágio secundário de regeneração.

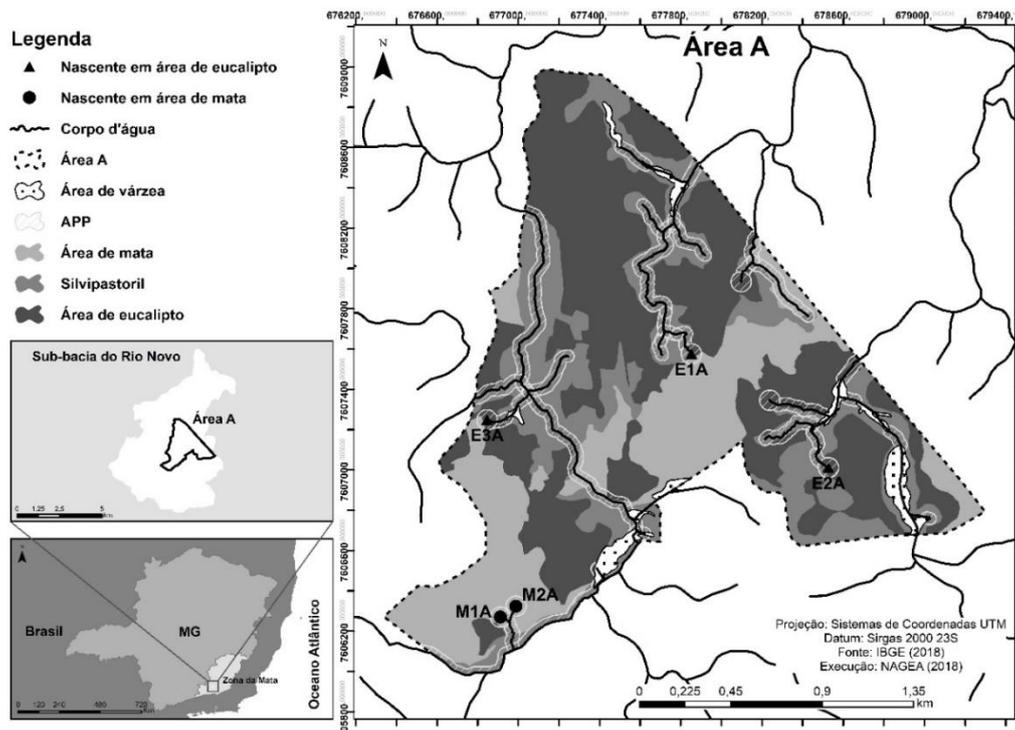


Figura 1: Caracterização da área A, situada em Coronel Pacheco, microrregião de Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil. E1A= Nascente 1, Eucalipto, área A; E2A= Nascente 2, Eucalipto, área A; E3A= Nascente 3, Eucalipto, área A; M1A= Nascente 1, Mata, área A M2A= Nascente 2, Mata, área A.

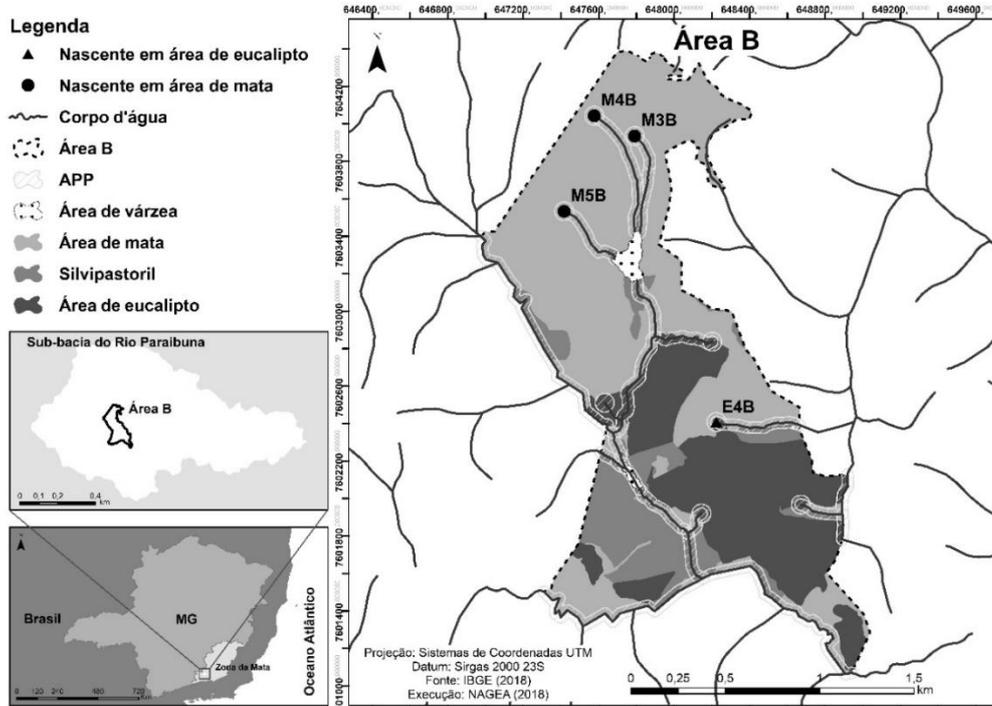


Figura 2: Caracterização da área B situada em Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil. E4B= Nascente 4, Eucalipto, área B; M3B= Nascente 3, Mata, área B; M4B= Nascente 4, Mata, área B e M5B= Nascente 5, Mata, área B.

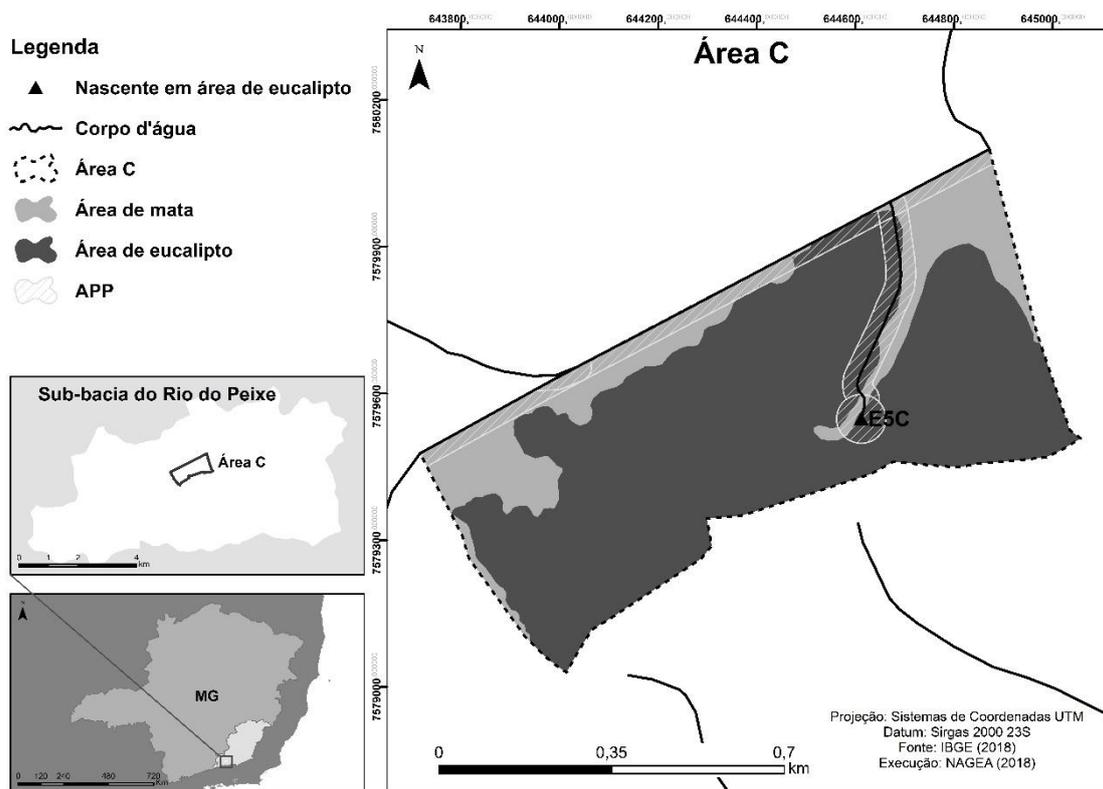


Figura 3: Caracterização da área C situada em Torreões, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil. E5C= Nascente 5, Eucalipto, área C.

2.2- Amostragem

As dez nascentes foram amostradas em diferentes meses (junho, julho e agosto) no período seco de 2017. Em cada nascente foram estabelecidos três pontos (P1, P2 e P3), ao longo de um transecto de 5 m de extensão. O ponto 1 é sempre o mais à jusante em relação a área de descarga; o ponto 3 é o mais à montante e o ponto 2 fica entre estes dois. A coleta do sedimento para análise dos invertebrados foi realizada através do método de arrasto, utilizando uma rede em D (área 0.01 m² e malha 250 µm) por 15 segundos em cada ponto, totalizando um esforço amostral de 30 segundos por nascente.

As amostras coletadas foram armazenadas em sacos plásticos e fixadas em álcool etílico a 85% em campo. No laboratório os organismos foram triados e identificados em microscópio estereoscópico. Os insetos foram identificados em

nível de família, com o auxílio de chaves especializadas (Pes *et al.*, 2005; Lecci e Froehlich, 2007; Souza *et al.*, 2007; Pinho, 2008; Segura *et al.*, 2011; Hamada *et al.*, 2014). Os demais grupos, como Acari, Molusca, Crustacea, Nematoda e Oligochaeta foram identificados em categorias taxonômicas superiores.

2.3- Variáveis ambientais

Com o auxílio de GPS, modelo Garmin MAP 76CSx, foram obtidas as coordenadas geográficas e altitudes de cada nascente. O oxigênio dissolvido, temperatura da água, potencial hidrogeniônico (pH), salinidade (SAL), turbidez, condutividade elétrica, condutividade específica, sólidos totais dissolvidos e potencial oxidação-redução, foram aferidos em campo utilizando um multisensor Horiba-U10. A profundidade de cada nascente foi aferida com uma régua. Além disso, a tipologia das nascentes foi definida segundo Springer e Stevens (2008) em rheocreno (água brota e logo forma-se um ou mais canais, como se fossem riachos), helocreno (água brota de pontos difusos, tornando a área alagada) e limnocreno (água brota de pontos difusos ou não formando lagos podendo seguir para um riacho ou não).

A cobertura vegetal foi mensurada através de fotografias digitais do dossel. Acima de cada nascente, 10 centímetros de distância da superfície, foi tirada uma foto. As imagens foram convertidas em preto e branco e analisadas pelo software ImageJ (RASBAND, 1997-2015). Os resultados obtidos geram um valor médio em pixels que variou de 0 (cobertura total) a 255 (entrada total de luz), sendo convertidos em porcentagem.

Além disso, em cada nascentes, foi aplicado um protocolo de avaliação rápida (GOMES *et al.*, 2005), que gera um índice de impacto ambiental através da observação dos seguintes parâmetros: cor da água, odor, lixo ao redor, materiais flutuantes, espumas, óleos, esgoto, estado de preservação da vegetação ao redor das nascentes, uso por animais, uso por humanos, proteção do local, proximidade com residência e tipo de área em inserção (Apêndice A).

Amostras de 500 ml de água foram coletadas em garrafas plásticas para análise de nitrito, nitrato, amônia, nitrogênio total, fósforo dissolvido, fósforo total e sílica (WETZEL & LIKENS, 2000; APHA, 2005) Todas estas variáveis foram medidas uma única vez por nascente.

Para classificação granulométrica, amostras de sedimento foram secas à temperatura ambiente e homogeneizadas. Destas, 120g de sedimento de cada nascente foram passadas através de peneiras de diferentes aberturas de malha, para a separação nas seguintes frações: areia muito grossa ($1 \text{ mm} < x < 2 \text{ mm}$), areia grossa ($500 \mu\text{m} < x < 1 \text{ mm}$), areia média ($250 \mu\text{m} < x < 500 \mu\text{m}$), areia fina ($150 \mu\text{m} < x < 250 \mu\text{m}$), areia muito fina ($73 \mu\text{m} < x < 150 \mu\text{m}$) e silte/argila ($< 73 \mu\text{m}$) utilizando um agitador (SOLOTEST), por 30 minutos, de acordo com o procedimento recomendado pela norma técnica NBR 7181 (ABNT, 1984). O teor de matéria orgânica (MO) foi determinado pelo método de calcinação (incineração de 3 gramas de sedimento em mufla a 550°C durante 4 horas) de acordo com norma técnica NBR 13600 (ABNT, 1996). O resultado da diferença entre peso inicial e final é o teor de MO. Todas as variáveis ambientais encontram-se disponíveis no apêndice B.

2.4- Análises estatísticas

A riqueza (número de famílias), abundância, diversidade alfa (índice de Shannon-Wiener) e equitabilidade de Pielou (J) foram calculadas para cada nascente com o software Past (Hammer et al., 2017; versão 1.0). As demais análises foram realizadas no programa Rstudio (versão 1.1.463.0). Para verificar possíveis diferenças na riqueza, abundância, diversidade (H') e equitabilidade (J) entre áreas de mata e eucalipto foi realizado o teste T. Antes da realização do teste, os dados foram testados quanto a normalidade e homogeneidade das variâncias, usando as funções `shapiro.test` (Rcore Team, 2018) e `leventest` (pacote `car`, Fox et al., 2011), respectivamente. Para verificar táxons indicadores de mata e/ou eucalipto foi realizada a Análise de Espécies Indicadoras (IndVal), que leva em conta a abundância e frequência de cada táxon (De Cáceres e Legendre., 2009) em relação ao tipo de entorno em que está submetido. Para

isso, os pacotes Stats (R Core Team., 2018) e Indicspecies (De Caceres e Legendre., 2009) foram utilizados.

A Análise de Componentes Principais (PCA), com dados padronizados, foi utilizada para diminuir a dimensionalidade dos dados e selecionar as variáveis ambientais que melhor explicaram a distribuição das nascentes em área de mata e eucalipto. O modelo Broken Stick foi utilizado para selecionar os eixos da PCA. A Análise de Escalonamento Multidimensional não-Métrico (nMDS), com distância de Bray-curtis, foi utilizada para verificar a ordenação e similaridade entre as comunidades em função da abundância ($\log x+1$) de macroinvertebrados bentônicos entre áreas de mata e eucalipto. Por fim, a Análise de Similaridade (ANOSIM) foi realizada com os mesmos dados da nMDS para verificar se houve diferença significativa da composição da fauna entre as áreas de mata e eucalipto. O pacote Vegan (Oksanen et al., 2018) foi utilizado para rodar a PCA, nMDS e ANOSIM.

3- Resultados

3.1- Variáveis ambientais

Foram aferidas 30 variáveis ambientais (apêndice B) e estas utilizadas na Análise de Componentes Principais (PCA). Os dois primeiros eixos da PCA explicaram 54% da variabilidade dos dados abióticos (eixo 1: 32,08% e eixo 2: 22,29%). As nascentes em área de eucalipto, condutividade específica, condutividade elétrica, sólidos totais e sal foram relacionados positivamente ao primeiro eixo. As nascentes em área de mata, o potencial oxi-redutor (ORP) e cobertura vegetal foram relacionados negativamente ao eixo 1 (figura 4; tabela 1). As variáveis Turb (turbidez), nitrito (NO₂), nitrogênio inorgânico total (DIN) e nitrogênio total (NT) foram correlacionadas positivamente com o eixo 2, enquanto que a variável altitude foi correlacionada negativamente com este eixo.

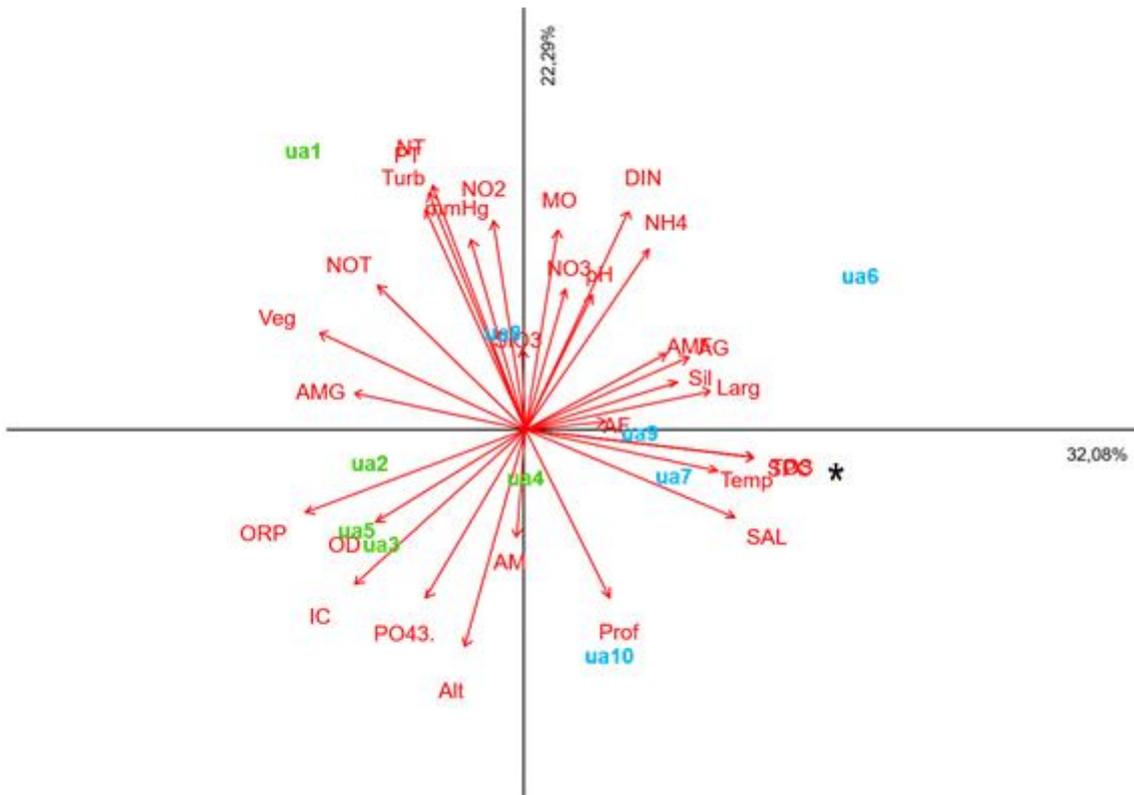


Figura 4: Análise de Componentes Principais (PCA) das variáveis: Cobertura Vegetal (Veg), Largura (Larg), Profundidade (Prof), Altitude (Alt), Temperatura (Temp), Oxigênio Dissolvido (OD), Condutividade Específica (SPC), Condutividade (C), Sólidos Totais (TDS), Salinidade (SAL), Potencial Hidrogeniônico (pH), Turbidez (Turb), Índice de impacto Ambiental (IC), Nitrito (NO3), Nitrato (NO2), Amônia (NH4), Nitrogênio Inorgânico Dissolvido (DIN), Nitrogênio Orgânico Total (NOT), Nitrogênio Total (NT), Sílica (SiO3), Fósforo Dissolvido (P043-), Fósforo Total (PT), Areia Muito Grossa (AMG), Areia Grossa (AG), Areia Média (AM), Areia Fina (AF), Areia Muito Fina (AMF), Silte e Argila (Sil), Matéria Orgânica (MO), Mercúrio (mmHg) e Potencial Óxi-Redutor (ORP) de 10 nascentes em áreas de mata e eucalipto em propriedades rurais em Juiz de Fora e Microrregiões, Minas Gerais, Brasil. Unidades amostrais em verde (ua1, ua2, ua3, ua4 e ua5) são nascentes em área de mata. Unidades amostrais em azul (ua6, ua7, ua8, ua9 e ua10) são nascentes em área de eucalipto. Variáveis sobrepostas marcadas com asterisco (*): C, TDS e SPC.

Tabela 1: Correlações das variáveis ambientais com os eixos 1 e 2, proporção explicada, autovalores e broken-stick da Análise de Componentes Principais.

Variáveis Ambientais	Loadings	
	PC1	PC2
Cobertura Vegetal	-0,2612	0,1237
Altitude	-0,0766	-0,2757
Condutividade específica (SPC)	0,2878	-0,0365
Condutividade (C)	0,2885	-0,0350
Sólidos Totais (TDS)	0,2888	-0,0350
Salinidade (SAL)	0,2636	-0,1116
Turbidez (Turb)	-0,1268	0,2779
Nitrito (NO₂)	-0,0414	0,2645
Nitrogênio Inorgânico Dissolvido (DIN)	0,1297	0,2774
Nitrogênio Total (NT)	-0,1195	0,3093
Fósforo Total (PT)	-0,1234	0,3012
Potencial Oxi-Redutor(ORP)	-0,2784	-0,1062
Proporção explicada	0,3208	0,2229
Autovalores	9,9449	6,9087
Modelo Broken Stick	9,7442	6,2997

3.2- Estrutura e composição da fauna de Macroinvertebrados Bentônicos

Foram identificados 13.735 espécimes, distribuídos em 58 táxons (Apêndice C). A ordem Díptera, com 8538 indivíduos, representou 62,16% do total. A segunda ordem mais representativa foi Trichoptera com 1.771 indivíduos (12,89%), seguida da classe Oligochaeta, com 1.339, que equivale a 9,74%. (Figura 5). Em Díptera, Chironomidae foi a família predominante seguida de Ceratopogonidae, correspondendo a 80% e 12%, respectivamente (Figura 6). Em Trichoptera, Leptoceridae representou 59% da ordem (figura 7).

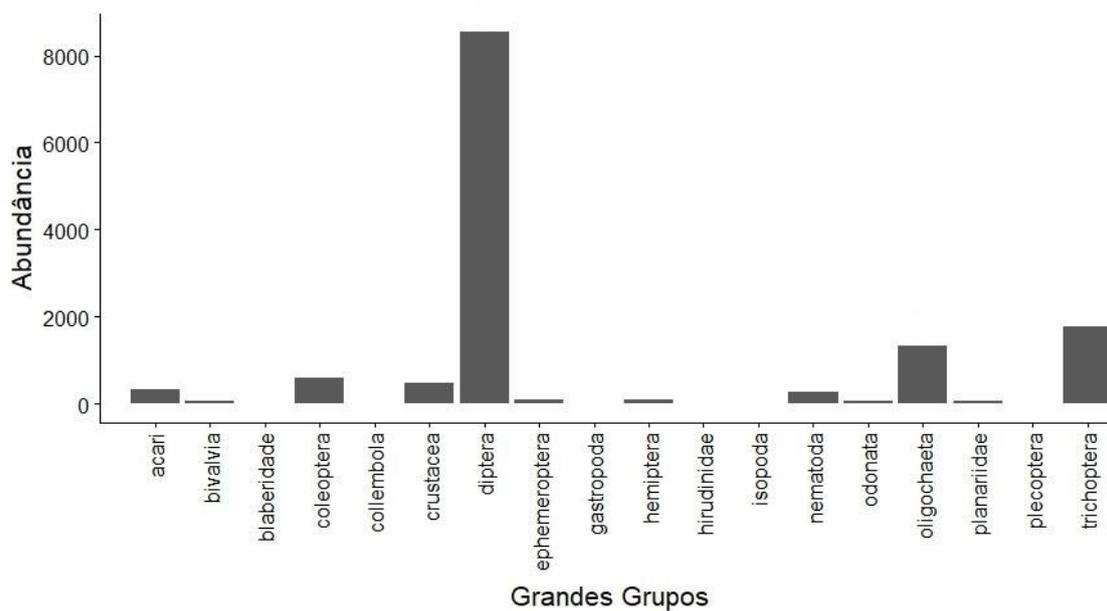


Figura 5: Abundância dos grandes grupos de macroinvertebrados bentônicos: coletados em 10 nascentes em propriedades rurais no município de Juiz de Fora e microrregiões.

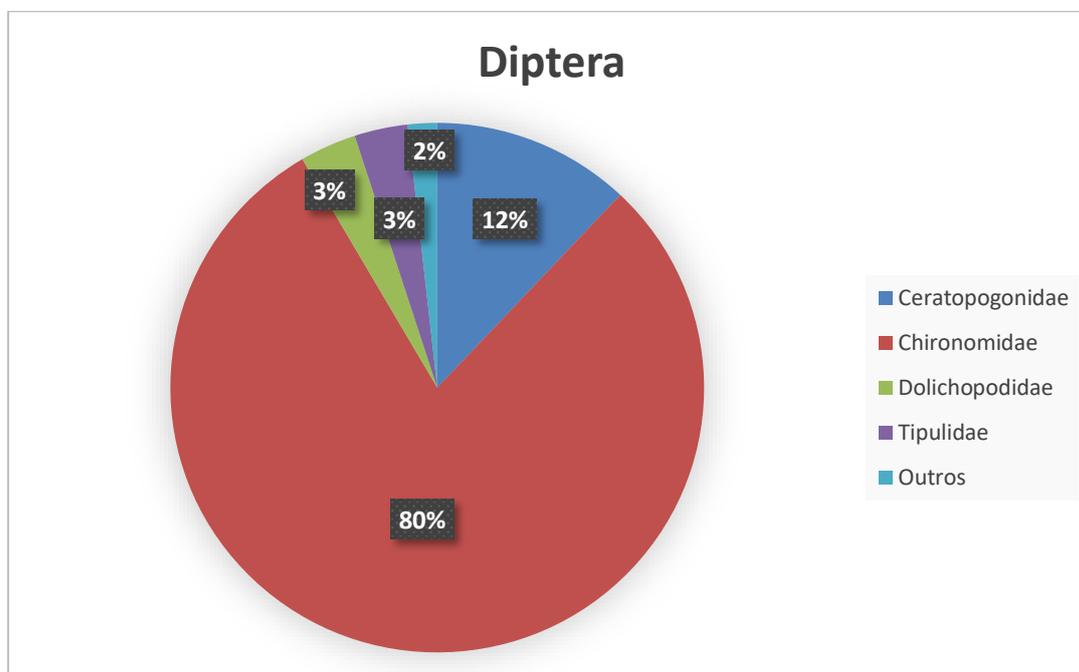


Figura 6: Porcentagem das famílias da ordem Diptera (Outros = Chaoboridae, Corethrellidae, Culicidae, Diptera_sp1, Dixidae, Empididae, Psychodidae, Stratiomidae e Tabanidae) coletadas em 10 nascentes em propriedades rurais no município de Juiz de Fora e microrregiões, Minas Gerais, Brasil.

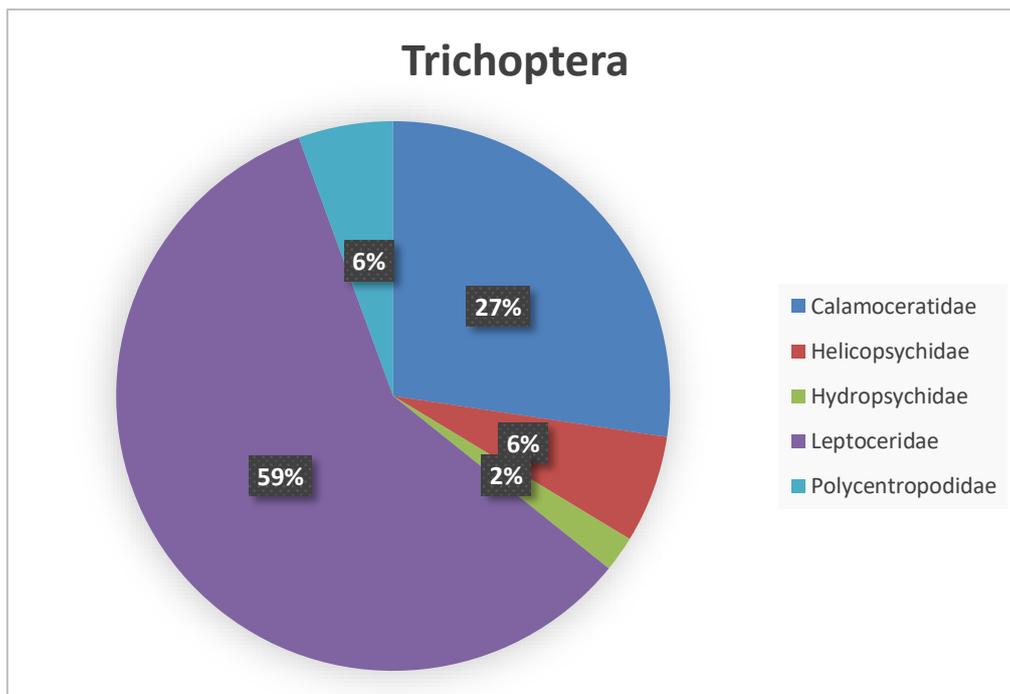


Figura 7: Porcentagem das famílias da ordem Trichoptera coletadas em 10 nascentes em propriedades rurais no município de Juiz de Fora e microrregiões, Minas Gerais, Brasil.

Nascentes em áreas de mata apresentaram maiores riqueza e abundância de macroinvertebrados bentônicos. A diversidade de Shannon (H') foi menor nas nascentes em áreas de eucalipto. A equitabilidade de Pielou (J) resultou em maiores valores para as nascentes em áreas de mata. Notamos que a nascente E4B (área de eucalipto) foi uma exceção apresentando maiores diversidade e equitabilidade (Tabela 2).

Tabela 2: Valores de riqueza, abundância, índice de equitabilidade de Pielou e índice de diversidade de Shannon de macroinvertebrados bentônicos coletados em 10 nascentes em propriedades rurais em Juiz de Fora e microrregiões, Minas Gerais, Brasil.

Nascentes	M1A	M2A	M3B	M4B	M5B	E1A	E2A	E3A	E4B	E5C
Entorno	mata	mata	mata	mata	mata	eucalipto	eucalipto	eucalipto	eucalipto	eucalipto
Riqueza	24	22	29	30	37	10	27	28	20	17
Abundância	1039	2591	982	896	2966	230	1249	967	272	2543
Equitability_J	0,598	0,605	0,610	0,646	0,563	0,434	0,450	0,468	0,736	0,434
Shannon_H	1,902	1,871	2,057	2,199	2,035	0,999	1,485	1,561	2,207	1,230

Nossos resultados mostraram que houve diferença significativa na riqueza ($t = -1,8898$; $df = 8$; $p = 0,04773$) (figura 8) e diversidade de Shannon (H') ($t = -2,4384$; $df = 8$; $p = 0,02033$) (figura 9) entre áreas de mata e áreas de eucalipto. A abundância ($t = -1,046$; $df = 8$; $p = 0,1631$) e equitabilidade ($t = -1,6752$; $df = 8$; $p = 0,0662$) não diferiram entre áreas.

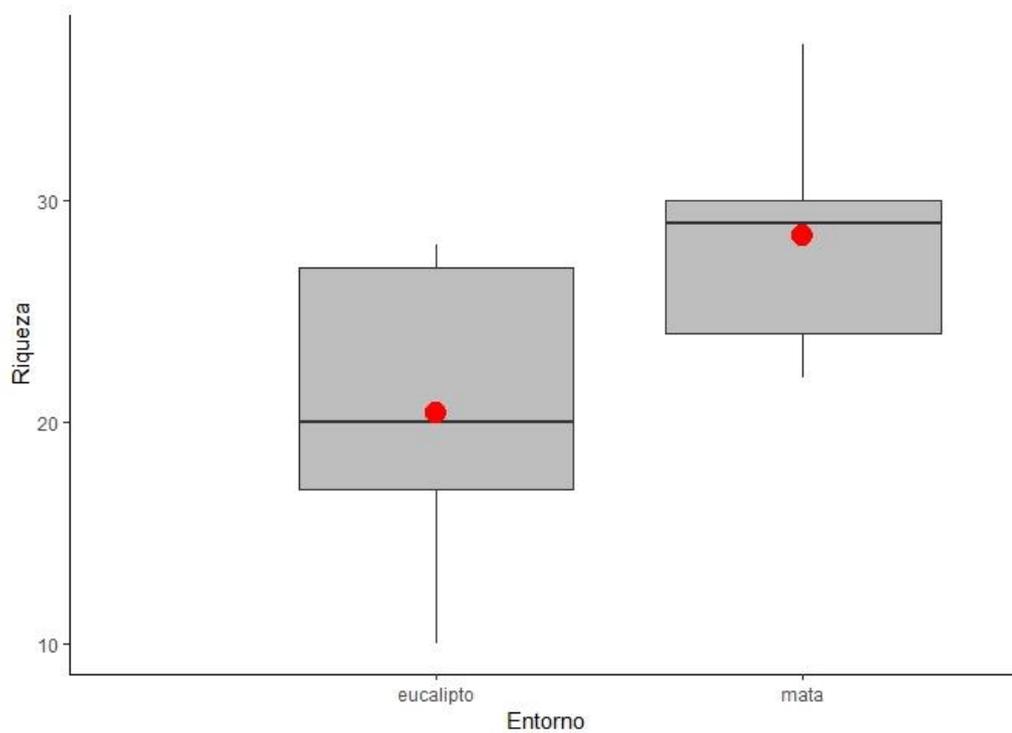


Figura 8: Boxplot da riqueza de macroinvertebrados bentônicos entre nascentes em áreas de mata e áreas de eucalipto. Bolinhas vermelhas representam as médias.

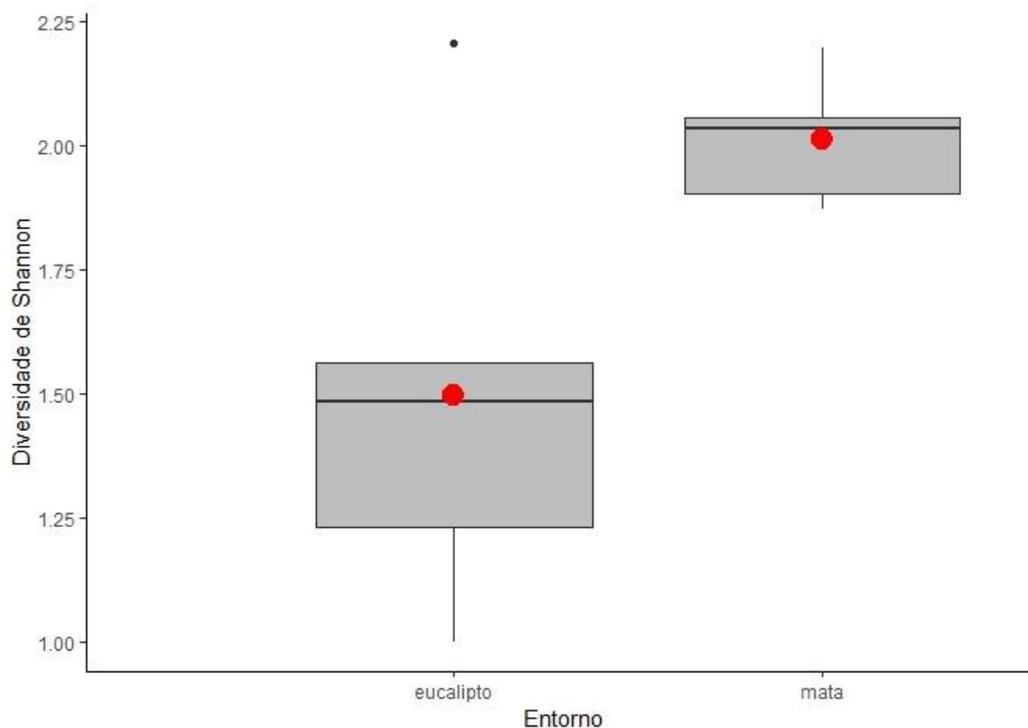


Figura 9: Boxplot da diversidade de Shannon (H') de macroinvertebrados bentônicos entre nascentes em áreas de mata e áreas de eucalipto. Bolinhas vermelhas representam as médias.

As maiores abundâncias em áreas de mata foram de Chironomidae (42,37%), Oligochaeta (11,62%) e Leptoceridae (11,31%) (figura 10). Nas nascentes em áreas de eucalipto, as maiores abundâncias foram de Chironomidae (60,82%), Ceratopogonidae (8,17%) e Oligochaeta (6,72%) (figura 10). Sete famílias ocorreram exclusivamente em nascentes em áreas de eucalipto e 16 famílias exclusivas para as áreas de mata (tabelas 3 e 4).

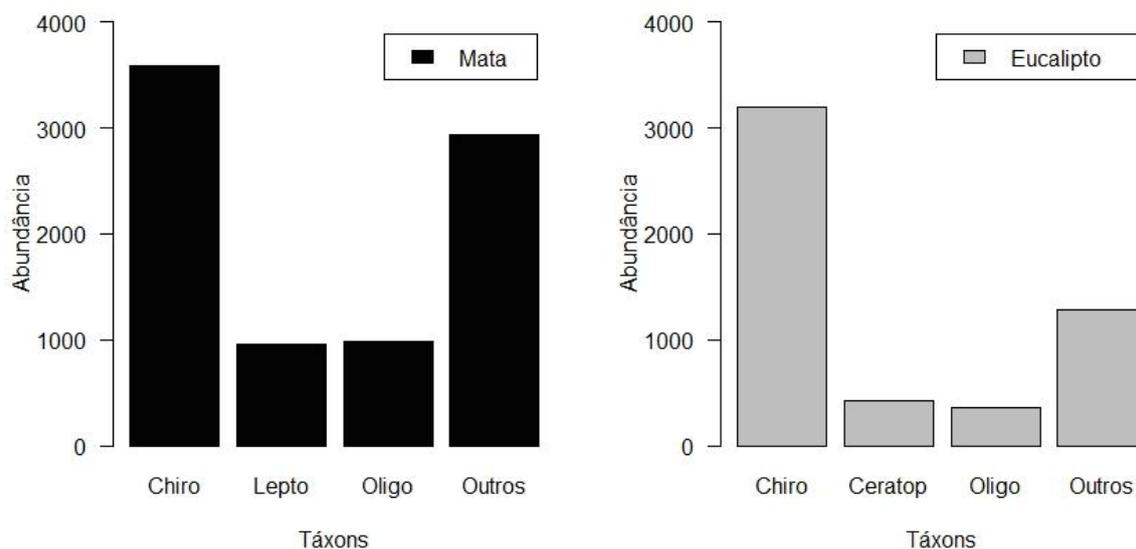


Figura 10: Táxons mais abundantes em 5 nascentes em áreas de mata e em 5 nascentes em áreas de Eucalipto em propriedades rurais em Juiz de Fora e microrregiões, Minas Gerais, Brasil. Chiro= Chironomidae, Lepto= Leptoceridae, Oligo=Oligochaeta e Ceratop=Ceratopogonidae. Para outros, vide tabela em apêndice C.

Tabela 3: Táxons que ocorreram somente em nascentes em áreas de eucalipto

	E1A	E2A	E3A	E4B	E5C	Total
Chaoboridae	1	0	0	0	0	1
Coenagrionidae	0	0	3	0	0	3
Hyaellidae	0	168	111	0	0	279
Libellulidae	3	2	0	0	0	5
Pleidae	0	7	0	0	0	7
Polycentropodidae	0	0	0	0	98	98
Sminthuridae	0	0	1	0	0	1

Tabela 4: Táxons que ocorreram somente em nascentes em áreas de mata.

	M1A	M2A	M3B	M4B	M5B	Total
Arrhopalitidae	0	0	2	0	1	3
Blaberidade	0	2	0	1	1	4
Caenidae	0	0	1	1	0	2
Dytiscidae	0	0	0	0	1	1
Empididae	1	0	0	7	11	19
Gastropoda_sp1	0	0	0	0	2	2
Hebridae	0	3	0	0	1	4
Hirudinidae	0	0	0	1	0	1
Hydropsychidae	3	8	0	3	23	37
Lampyridae	1	0	0	0	0	1
Megapodagrionidae	0	0	5	1	11	17
Perlidae	0	0	0	0	5	5
Planorbidae	0	0	0	0	1	1
Staphylinidae	0	0	4	0	3	7
Tabanidae	0	0	0	2	0	2
Trichodactylidae	0	0	2	2	0	4

Seis táxons ocorreram em maior abundância e frequência em áreas de mata: Nematoda (IndVal= 0,98; p= 0,020), Leptoceridae (IndVal= 0,96; p=0,015), Acari (IndVal= 0,95; p=0,025), Tipulidae (IndVal= 0,95; p=0,005), Psychodidae (IndVal= 0,94; p=0,015) e Hydropsychidae (IndVal= 0,89; p=0,040). Em áreas de eucalipto não foi evidenciado táxon indicador.

3.3- Ordenação das áreas

A Análise de Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMDS) (stress = 0,055) (figura 11), baseada na abundância dos grupos, ordenou as nascentes em área de mata e eucalipto em parte sobrepostas, demonstrando uma composição similar entre as áreas de mata e eucalipto. Este resultado foi

corroborado pelo ANOSIM o qual não mostrou diferença na composição das comunidades de macroinvertebrados bentônicos ($R= 0,092$ e $P= 0,194$).

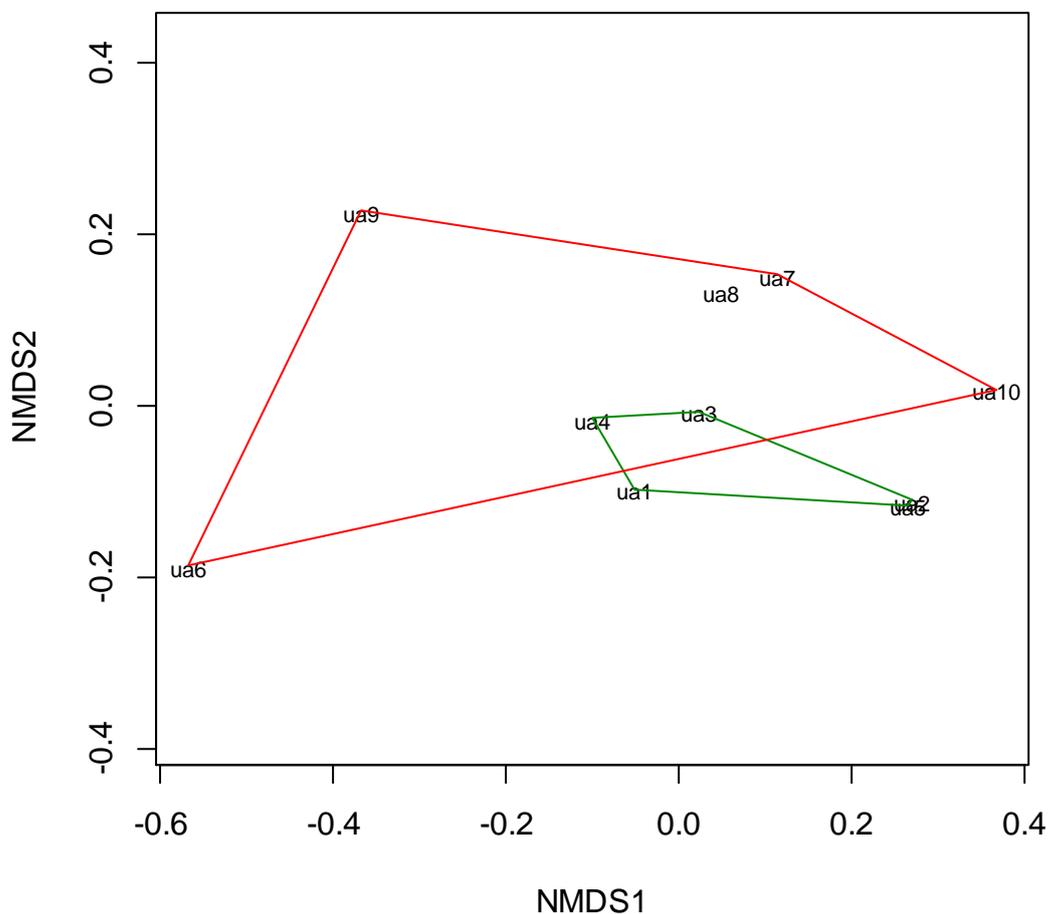


Figura 11: Similaridade da composição da comunidade de macroinvertebrados bentônicos (NMFDS; índice de similaridade Bray-curtis) entre nascentes em áreas de mata (polígono verde) e eucalipto (polígono vermelho) em propriedades rurais em Juiz de Fora e microrregiões, Minas Gerais, Brasil.

4- Discussão:

4.1- Variáveis ambientais

Mudanças na paisagem, principalmente, devido ao uso da terra, alteram os parâmetros físico-químicos do ambiente. Por sua vez, as variáveis ambientais

influenciam a estrutura e composição das comunidades de macroinvertebrados bentônicos de água doce (Johnson e Angeler, 2014; Rasifudi *et al.*, 2018; Zhang *et al.*, 2018). Já foram identificados efeitos do uso da terra em riachos como o aumento da concentração de nutrientes (Johnson e Angeler, 2014; Gimenez e Higuti, 2017), aumento da condutividade elétrica (Fierro *et al.*, 2017; Gimenez e Higuti, 2017) e de sólidos totais (Fierro *et al.*, 2017). Cortezzi (2009) verificou o aumento da condutividade elétrica da água em resposta a ação antrópica sobre riachos no sudoeste de São Paulo. Também foi encontrado que as variáveis ambientais mais fortemente relacionadas com vegetação exótica foram sólidos dissolvidos totais, sólidos suspensos, nitrato, cloridos e sulfatos (Fierro *et al.*, 2016). Em contra partida, sabe-se que rios em áreas menos perturbadas são frequentemente caracterizados por baixas cargas de silte, nutrientes e condutividade (Rasifudi *et al.*, 2018).

Em nosso trabalho, corroborando com a literatura, nascentes em áreas de eucalipto tiveram maiores valores de condutividade, sólidos totais dissolvidos e salinidade que são variáveis relacionadas com áreas impactadas e com a diminuição da qualidade da água (Cortezzi *et al.*, 2009). A condutividade e sólidos totais dissolvidos (TDS) podem ter sido maiores em áreas de eucalipto devido ao maior escoamento superficial nessas áreas em função da potencial hidrofobicidade do solo produzida pela plantação (Abelho e Graça, 1996). Assim, íons e substâncias orgânicas são facilmente carregados para os corpos d' água (Rasifudi *et al.*, 2018) e o entorno é erodido. Além disso, a erosão pode alterar os padrões granulométricos e simplificar os sistemas aquáticos por meio do afinamento da granulometria. Em nosso trabalho, nascentes em áreas de eucalipto também se relacionaram com as variáveis areia fina, areia muito fina e silte/argila. Isso nos parece uma tendência ao afinamento da granulometria o que leva a homogeneização do substrato. Para a fauna de macroinvertebrados bentônicos em nascentes isso pode ser um problema, pois estudos indicam que o substrato é um dos principais fatores que regulam a estrutura das comunidades (Bojková *et al.*, 2011; Rodrigues, 2018). Um substrato mais diversificado fornecerá diferentes condições e recursos (microhabitats) para que organismos diferentes se estabeleçam e possam coexistir e assim possibilitar que a estrutura e composição da comunidade de macroinvertebrados seja complexa.

Áreas de mata ao redor de corpos hídricos diminuem o carreamento de nutrientes e sedimentos funcionando como barreira natural protegendo os sistemas aquáticos. Em nosso trabalho, a turbidez não apresentou diferença significativa entre nascentes em áreas de mata e eucalipto. Devemos ressaltar que as coletas foram realizadas no período seco e isso pode ter diminuído as taxas de carreamento tanto em nascentes em áreas de mata quanto em áreas de eucalipto. Além disso, a nascente M1A apresentou um valor discrepante de turbidez. Essa nascente em área de mata é a mais próxima de área de eucalipto. Além disso, ela apresentou as maiores concentrações de fósforo total, nitrogênio orgânico total e nitrogênio total, que podem explicar a elevada turbidez. Essa nascente é a única em área de mata relacionada positivamente com o eixo 2 da PCA enquanto as outras se relacionaram negativamente a este mesmo eixo.

As nascentes em áreas de vegetação nativa apresentaram as maiores porcentagens de areia muito grossa, tendência oposta a das nascentes em áreas de eucalipto. Além disso, a cobertura vegetal e o Potencial de Oxidação/Redução ou Potencial Redox (ORP) também foram maiores nessas nascentes. Outros trabalhos relacionaram riachos em áreas de mata com a cobertura vegetal (Amaral *et al.*, 2015; Cordero–Rivera *et al.*, 2017; Brogna *et al.*, 2018). A cobertura vegetal, além de influenciar na temperatura, micro clima e ter relação com o transporte de sedimentos (Marmontel *et al.*, 2018), tem relação positiva com as taxas de infiltração da água. Sendo assim, áreas de mata nativas são importantes para a manutenção dos aquíferos possibilitando sua recarga. Já foi constatado o aumento da biodiversidade de macroinvertebrados em função do aumento da área de floresta ao redor dos riachos (Cordero–Rivera *et al.*, 2017). Assim, percebemos que a preservação e o manejo do entorno são fundamentais para a conservação da biodiversidade dos ecossistemas aquáticos e manutenção de sua integridade ecológica.

4.2- Estrutura e composição da fauna de macroinvertebrados bentônicos

Nascentes em áreas de mata tiveram maiores riqueza e diversidade de macroinvertebrados bentônicos. As nascentes são ambientes de baixa

produtividade, sendo a maior parte da energia utilizada neste sistema de origem alóctone. Dessa forma, áreas que disponibilizam folhas mais diversas e de maior qualidade para os sistemas aquáticos, como as de mata nativa, permitem que grupos que usam diferentes recursos ou que tenham funções ecológicas distintas possam se estabelecer e coexistir, aumentando a biodiversidade local (Cantonati *et al.*, 2006; Staudacher e Füreder, 2007; Marmontel *et al.*, 2018). Por sua vez, o entorno formado por eucalipto provê um detrito foliar de menor diversidade (monoculturas de eucalipto) e qualidade devido à presença de glândulas de óleo, cutícula espessa que pode retardar a colonização de macroinvertebrados bentônicos ou pela presença de fenóis (Abelho e Graça, 1996), o que pode explicar a menor diversidade de macroinvertebrados nestas áreas. Já foi constatado o efeito tóxico das folhas de eucalipto sendo identificada ação fumigante (tipo de controle de pragas) com potencial efeito sinérgico com inseticidas (Canhoto e Graça, 1995; Batish *et al.*, 2008; Pereira *et al.*, 2014; Rossi e Palacios, 2015). Além disso, plantações de eucalipto podem modificar as propriedades físico-químicas do ambiente (Burch *et al.*, 1989; Abelho e Graça, 1996; Cordero–Rivera *et al.*, 2017) e como consequência simplificar a estrutura das comunidades aquáticas (Vitule *et al.*, 2012; De Castro *et al.*, 2016). Áreas de eucalipto podem aumentar a hidrofobicidade do solo, diminuindo as taxas de recarga do aquífero (Abelho e Graça, 1996). Isso poderia influenciar nascentes a terem comportamento intermitente, ou mesmo diminuir sua vazão, e causar grande pressão seletiva sobre a fauna reduzindo a riqueza e diversidade de macroinvertebrados bentônicos.

Áreas de mata são mais sombreadas e com isso mantêm a temperatura da água mais baixa o que influencia no metabolismo dos ecossistemas. Águas mais quentes reduzem a dissolubilidade de oxigênio e com isso, podem limitar a distribuição de insetos aquáticos (Oliveira *et al.*, 1997), principalmente os mais sensíveis a perturbações como alguns Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT). Em nosso trabalho, além de maiores porcentagens de cobertura vegetal, as nascentes em áreas de mata nativa apresentaram menores temperaturas da água e maiores quantidades de oxigênio dissolvido o que pode ter proporcionado maiores riqueza, diversidade e ocorrência de EPT. Organismos da ordem Trichoptera têm preferência por ambientes com maiores oxigenação da água,

matéria orgânica acumulada de detritos foliares e maiores porcentagens de cobertura vegetal e isso os caracteriza como indicadores de boa qualidade ambiental. Leptoceridae (Trichoptera) e Hydropsychidae (Trichoptera) ocorreram em maior abundância e frequência em nascentes em áreas de mata. Ambas são famílias consideradas sensíveis à perturbação antrópica e são indicadoras de boa integridade ambiental (Bispo *et al.*, 2006; Cortezzi *et al.*, 2009; Amaral *et al.*, 2015).

Outro grupo indicador de áreas de mata, é o dos Acari. Sabe-se que alguns ocorrem exclusivamente em nascentes e isso os torna interessantes em termos de fauna crenal (Sabatino *et al.*, 2003; Cantonati *et al.*, 2006).. Além disso, a maioria dos ácaros tem baixa tolerância a eletrólitos, ou seja, tem relação negativa com a condutividade da água (Gerecke, 1994). No presente trabalho, condutividade, condutividade específica e sólidos totais tiveram os menores valores em nascentes em áreas de mata nativa e isso pode explicar a maior abundância e frequência de Ácaros nessas nascentes.

Nematoda, também relacionado a nascentes em áreas de mata, é um grupo de importância trófica nos ambientes aquáticos, pois conecta os compartimentos microbianos aos níveis tróficos mais elevados. Nematóides de vida livre são capazes de se alimentar de diferentes itens alimentares (bactérias, algas, hifas e esporos de fungos, protozoários, partículas e matéria orgânica dissolvida) selecionando os alimentos de melhor qualidade ao menor custo possível (Majdi e Traunspurger, 2015). Psychodidae e Tipulidae, ambos Dipteros, são detritívoros/ coletores- juntadores, logo necessitam de matéria orgânica e detritos de qualidade (Hamada *et al.*, 2014). Podem ter sido encontrados em maior abundância e frequência em nascentes em áreas de mata por esse motivo. Embora Hyalellidae (Crustacea) não tenha sido apontado como táxon indicador de área de Eucalipto, apareceu exclusivamente nessas áreas. Já foi mostrado que *Hyalella sp.* é capaz de consumir folhas de eucalipto, embora não seja seu alimento preferido. Este grupo parece se comportar como onívoro oportunista com evidente plasticidade alimentar e com isso poderia sobreviver em ambientes cujo entorno não ofereça um recurso alimentar tão adequado (Acosta e Prat, 2011).

Embora nascentes em áreas de mata e nascentes em áreas de Eucalipto tenham diferenças na riqueza e diversidade de macroinvertebrados bentônicos, a composição da comunidade de invertebrados não foi claramente separada pelo nMDS. Em um trabalho feito na Itália, constatou-se a natureza altamente individual das nascentes mesmo dentro de uma mesma bacia hidrográfica (Lencioni *et al.*, 2011). Com isso, as diferenças internas das nascentes, no presente trabalho, poderiam ter influenciado a composição das comunidades de macroinvertebrados bentônicos e assim um padrão mais claro de separação entre os grupos em função do entorno não foi evidenciado.

5- Conclusão

Os resultados obtidos sugerem que nascentes em áreas de eucalipto são afetadas pela monocultura com a diminuição da riqueza e diversidade de macroinvertebrados bentônicos. Além disso, alterações das variáveis ambientais e diminuição da qualidade da água foram observadas nessas áreas. Ressaltamos a necessidade do monitoramento das nascentes, visto sua importância não só em termos de biodiversidade aquática, mas em busca da preservação do recurso água. A importância da cobertura vegetal na manutenção e integridade ecológica das nascentes é evidenciada, reforçando assim, a necessidade de proteção e manutenção das áreas de mata nativas ao redor dos corpos hídricos em geral. Por fim, sugerimos o manejo consciente do entorno como uma efetiva ferramenta para a conservação da biodiversidade aquática e da manutenção das nascentes em nível ecossistêmico. Pontuamos, ainda, a necessidade de estudos com relação aos grupos negligenciados, em especial o dos Ácaros, que podem ter um papel ecológico distinto em nascentes, uma vez que alguns deles ocorrem exclusivamente nesses ambientes.

Referências

ABELHO, M.; GRAÇA, M. A. S. Effects of eucalyptus afforestation on leaf litter dynamics and macroinvertebrate community structure of streams in Central Portugal. **Hydrobiologia**, v. 324, n. 3, p. 195-204, 1996. ISSN 0018-8158.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7181 – Solo: Análise Granulométrica**. 1984.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13600 - Solo: Determinação de Matéria Orgânica**. 1996.

ACOSTA, R.; PRAT, N. Trophic ecology of Hyalella sp.(Crustacea: Amphipoda) in a high Andes headwater river with travertine deposits. **International Review of Hydrobiology**, v. 96, n. 3, p. 274-285, 2011. ISSN 1434-2944.

ALBA-TERCEDOR, J. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. IV Simposio del agua en Andalucía (SIAGA). Almería, 1996. p.203-213.

AMARAL, P. H. M. D. et al. Influence of habitat and land use on the assemblages of ephemeroptera, plecoptera, and trichoptera in neotropical streams. **Journal of Insect Science**, v. 15, n. 1, p. 60, 2015. ISSN 1536-2442.

Anuário Estatístico de Juiz de Fora. 2009. Disponível em: < https://www.pjf.mg.gov.br/cidade/anuario_2009/index.html >. Acesso em: 17/01/2019.

APHA - American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water e wastewater**. 20ª edição. Nova Iorque: APHA, 2005.

BATISH, D. R. et al. Eucalyptus essential oil as a natural pesticide. **Forest Ecology and Management**, v. 256, n. 12, p. 2166-2174, 2008. ISSN 0378-1127.

BISPO, P. D. C. et al. Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera assemblages from riffles in mountain streams of Central Brazil: environmental factors influencing the distribution and abundance of immatures. **Brazilian Journal of Biology**, v. 66, n. 2B, p. 611-622, 2006. ISSN 1519-6984.

BOJKOVÁ, J. et al. Species richness and composition patterns of clitellate (Annelida) assemblages in the treeless spring fens: the effect of water chemistry and substrate. **Hydrobiologia**, v. 667, n. 1, p. 159-171, 2011. ISSN 0018-8158.

BROGNA, D. et al. Forest cover correlates with good biological water quality. Insights from a regional study (Wallonia, Belgium). **Journal of environmental management**, v. 211, p. 9-21, 2018. ISSN 0301-4797.

BURCH, G.; MOORE, I.; BURNS, J. Soil hydrophobic effects on infiltration and catchment runoff. **Hydrological Processes**, v. 3, n. 3, p. 211-222, 1989. ISSN 0885-6087.

CALLISTO, M.; MORETTI, M.; GOULART, M. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 6, n. 1, p. 71-82, 2001.

CANHOTO, C.; GRAÇA, M. A. S. Food value of introduced eucalypt leaves for a Mediterranean stream detritivore: *Tipula lateralis*. **Freshwater Biology**, v. 34, n. 2, p. 209-214, 1995. ISSN 0046-5070.

CANTONATI, M. et al. Crenic habitats, hotspots for freshwater biodiversity conservation: toward an understanding of their ecology. **Freshwater Science**, v. 31, n. 2, p. 463-480, 2012. ISSN 2161-9549. Disponível em: < <https://www.jstor.org/stable/10.1899/11-111.1> >.

CANTONATI, M.; GERECKE, R.; BERTUZZI, E. Springs of the Alps—sensitive ecosystems to environmental change: from biodiversity assessments to long-term studies. **Hydrobiologia**, v. 562, n. 1, p. 59-96, 2006. ISSN 0018-8158.

CNA - Confederação de Agricultura e Pecuária do Brasil. Disponível em: < <https://www.cnabrasil.org.br/noticias/o-brasil-e-um-dos-maiores-produtores-de-florestas-plantadas-do-mundo> >. Acesso em: 15/01/2016.

CORDERO–RIVERA, A.; ÁLVAREZ, A. M.; ÁLVAREZ, M. Eucalypt plantations reduce the diversity of macroinvertebrates in small forested streams. **Animal Biodiversity and Conservation**, v. 40, n. 1, p. 87-97, 2017. ISSN 2014-928X.

CORTEZZI, S. S. et al. Influência da ação antrópica sobre a fauna de macroinvertebrados aquáticos em riachos de uma região de cerrado do sudoeste do Estado de São Paulo. **Iheringia: Série Zoologia**, v. 99 n. 1, p. 36-43, 2009. ISSN 0073-4721.

DE CARCERES, M.; LEGENDRE. Associations between species and groups of sites: indices and statistical inference. **Ecology**, v. 90, n. 12, p. 3566-3574, 2009. Disponível em: < <http://sites.google.com/site/miqueldecaceres/> >.

DE CASTRO, D. M. P. et al. Land use influences niche size and the assimilation of resources by benthic macroinvertebrates in tropical headwater streams. **PloS one**, v. 11, n. 3, p. e0150527, 2016. ISSN 1932-6203.

DUDGEON, D. et al. Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. **Biological reviews**, v. 81, n. 2, p. 163-182, 2006. ISSN 1469-185X.

FIERRO, P. et al. Effects of local land-use on riparian vegetation, water quality, and the functional organization of macroinvertebrate assemblages. **Science of the Total Environment**, v. 609, p. 724-734, 2017. ISSN 0048-9697.

FIERRO, P. et al. Rainbow Trout diets and macroinvertebrates assemblages responses from watersheds dominated by native and exotic plantations. **Ecological Indicators**, v. 60, n. 1, p. 655-667, 2016. ISSN 1470-160X.

FOX, J .; WEISBERG, S .; PRICE, B. **Companion to Applied Regression Data Sets**, R package version 3.0-2. Disponível em: < <https://CRAN.R-project.org/package=carData>>. Acesso em: 02/09/2018.

GATHMANN, F.; WILLIAMS, D. Insect emergence in Canadian coldwater springs: spatial and temporal patterns, and species-environment relationships. *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology*, 2006, EDP Sciences. p.143-156.

GERECKE, R. Süßwassermilben (Hydrachnellae) Ein Bestimmungsschlüssel für die aus der Westpaläarktis bekannten Gattungen der Hydrachnellae mit einer einführenden Übersicht über die im Wasser vorkommenden Milben.

Lauterbornia, v. 18, p. 1-84, 1994. Disponível em: <
https://www.zobodat.at/web4beta/pdf/Lauterbornia_1994_18_0001-0084.pdf>.

GIMENEZ, B. C. G.; HIGUTI, J. Land use effects on the functional structure of aquatic insect communities in Neotropical streams. **Inland Waters**, v. 7, n. 3, p. 305-313, 2017. ISSN 2044-2041.

GONZÁLEZ-GARCÍA, S.; MOREIRA, M. T.; FEIJOO, G. Environmental aspects of eucalyptus based ethanol production and use. **Science of the total environment**, v. 438, p. 1-8, 2012. ISSN 0048-9697.

HAMADA, N.; NESSIMIAN, J. L.; QUERINO, R. B. **Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia**. Manaus: Editora do INPA, 2014., 2014. 724 ISBN 8521101236.

HAMMER, O.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. **Paleontologia Electronica**, v. 4, n. 1, p. 1-9, 2017.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. Chuva acumulada x Chuva (Normal climatológica 61-90). 2017. Disponível em: <
http://www.inmet.gov.br/sim/abre_graficos.php>. Acesso em 15/01/2019.

IWAKIRI, S.; PEREIRA, S.; NISGOSKI, S. Avaliação da qualidade de clonagem em compensados de Eucalyptus cloeziana e Eucalyptus robusta. **Flor. Amb**, v. 6, n. 1, p. 45-50, 1999.

JOHNSON, R. K.; ANGELER, D. G. Effects of agricultural land use on stream assemblages: Taxon-specific responses of alpha and beta diversity. **Ecological Indicators**, v. 45, n. 1, p. 386-393, 2014. ISSN 1470-160X.

LARRAÑAGA, A. et al. Impacts of Eucalyptus globulus plantations on Atlantic streams: changes in invertebrate density and shredder traits. **Fundamental and Applied Limnology/Archiv für Hydrobiologie**, v. 175, n. 2, p. 151-160, 2009. ISSN 1863-9135. Disponível em: <
<https://www.researchgate.net/publication/228655323>>.

LECCI, L. S.; FROEHLICH, C. G. Ordem Plecoptera Burmeister 1839 (Arthropoda: Insecta). **Guia on-line de identificação de larvas de insetos Aquáticos do Estado de São Paulo**, 2007. Disponível em: < http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/Guia_online/Guia_identifica%C3%A7%C3%A3o_larvas_Plecoptera.pdf >. Acesso em: 16/01/2019.

LENCIONI, V.; MARZIALI, L.; ROSSARO, B. Diversity and distribution of chironomids (Diptera, Chironomidae) in pristine Alpine and pre-Alpine springs (Northern Italy). **Journal of Limnology**, p. 106-121, 2011. ISSN 1723-8633.

MAJDI, N.; TRAUNSPURGER, W. Free-living nematodes in the freshwater food web: a review. **Journal of nematology**, v. 47, n. 1, p. 28, 2015.

Mapa de solos do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, Fundação Estadual do Meio Ambiente. 2010. Disponível em: < <http://www.feam.br/noticias/1/949-mapas-de-solo-do-estado-de-minas-gerais> >. Acesso em: 15/01/2019.

MARMONTEL, C. V. F. et al. Effects of land use and sampling distance on water quality in tropical headwater springs (Pimenta creek, São Paulo State, Brazil). **Science of the Total Environment**, v. 622, p. 690-701, 2018. ISSN 0048-9697.

OKSANEN, J. et al. Vegan: **Community Ecology Package**. R package, version 2.4-1, 2016. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=vegan>>. Acesso em: 02/09/2018.

OLIVEIRA, L. G.; BISPO, P. D. C.; SÁ, N. C. Ecologia de comunidades de insetos bentônicos (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera), em córregos do Parque Ecológico de Goiânia, Goiás, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 14, n. 4, p. 867-876, 1997. ISSN 0101-8175.

PEREIRA, V. et al. Antibacterial activity and synergistic effects between Eucalyptus globulus leaf residues (essential oils and extracts) and antibiotics against several isolates of respiratory tract infections (*Pseudomonas aeruginosa*). **Industrial Crops and Products**, v. 52, p. 1-7, 2014. ISSN 0926-6690.

PES, A. M. O.; HAMADA, N.; NESSIMIAN, J. L. Chaves de identificação de larvas para famílias e gêneros de Trichoptera (Insecta) da Amazônia Central, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 49, n. 2, p. 181-204, 2005.

PINHO, L. C. Ordem Diptera (Arthropoda: Insecta). **Guia on-line de identificação de larvas de insetos aquáticos do Estado de São Paulo**, 2008. Disponível em: <
http://sites.ffclrp.usp.br/aquadoce/Guia_online/Guia_Diptera.pdf>. Acesso em: 16/01/2019.

RASBAND, W. S. **ImageJ. US National Institutes of Health, Bethesda, MD.** Disponível em: <<http://imagej.nih.gov/ij/>>. 1997-2015.

RASIFUDI, L. et al. Distribution of Benthic Macroinvertebrates in the Selati River of the Olifants River System, South Africa. **African entomology**, v. 26, n. 2, p. 398-406, 2018. ISSN 1021-3589. Disponível em: <
<https://doi.org/10.4001/003.026.0398>>.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. **R foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria, 2016. Disponível em: <
<https://www.R-project.org/>> Acesso em: 02/08/2018.

RODRIGUES, L. F. T. **Nascentes da Mata Atlântica: panorama e ecologia da fauna de Oligochaeta (Annelida) e implicações para conservação.** Tese (doutorado). Pós-graduação em Ecologia Aplicada ao Manejo e Conservação dos Recursos Naturais/Universidade Federal de Juiz de Fora, 2018.

ROSSI, Y. E.; PALACIOS, S. M. Insecticidal toxicity of Eucalyptus cinerea essential oil and 1, 8-cineole against *Musca domestica* and possible uses according to the metabolic response of flies. **Industrial Crops and Products**, v. 63, n. 1, p. 133-137, 2015. ISSN 0926-6690.

SABATINO, A. D.; CICOLANI, B.; GERECKE, R. Biodiversity and distribution of water mites (Acari, Hydrachnidia) in spring habitats. **Freshwater Biology**, v. 48, n. 12, p. 2163-2173, 2003. ISSN 0046-5070.

SEGURA, M. O.; VALENTE-NETO, F.; FONSECA-GESSNER, A. A. Chave de famílias de Coleoptera aquáticos (Insecta) do Estado de São Paulo, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 11, n. 1, 2011. ISSN 1676-0611.

SOUZA, L. O. I.; COSTA, J. M.; OLDRINI, B. B. Odonata. In: **Guia on-line: Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo**. Froehlich, C.G. (org.), 2007. Disponível em: <http://sites.ffclrp.usp.br/aquadoce/Guia_online>. Acesso em: 16/01/2018.

SPRINGER, A. E.; STEVENS, L. E. Spheres of discharge of springs. **Hydrogeology Journal**, v. 17, n.1, p. 83-93, 2009. DOI 10.1007/s10040-008-0341-y

STAUDACHER, K.; FÜREDER, L. Habitat complexity and invertebrates in selected alpine springs (Schütt, Carinthia, Austria). **International Review of Hydrobiology**, v. 92, n. 4-5, p. 465-479, 2007. ISSN 1434-2944.

TTF - Transferência de Tecnologia Florestal. Eucalipto. 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/florestas/transferencia-de-tecnologia/eucalipto>>. Acesso em: 10/01/2019.

VITULE, J. R. S.; SKÓRA, F.; ABILHOA, V. Homogenization of freshwater fish faunas after the elimination of a natural barrier by a dam in Neotropics. **Diversity and Distributions**, v. 18, n. 2, p. 111-120, 2012. ISSN 1366-9516.

WETZEL, R. G.; LIKENS, G. E. **Inorganic nutrients: nitrogen, phosphorus, and other nutrients**. New York: Springer Nature, p. 85-111, 2000.

ZHANG, Y. et al. Substrate degradation and nutrient enrichment structuring macroinvertebrate assemblages in agriculturally dominated Lake Chaohu Basins, China. **Science of the Total Environment**, v. 627, p. 57-66, 2018. ISSN 0048-9697.

Apêndice A
Protocolo de avaliação rápida: Índice de Impacto Ambiental das
Nascentes (IC)

Propriedade:

Ponto da Nascente:

Uso da terra:

- Cor da água: (1) escura (2) clara (3) transparente.
- Odor: (1) cheiro forte (2) cheiro fraco (3) sem cheiro.
- Lixo ao redor: (1) muito (2) pouco (3) sem lixo.
- Materiais Flutuantes: (1) muito (2) poucos (3) sem materiais flutuantes.
- Espumas: (1) muito (2) poucas (3) sem espumas.
- Óleo: (1) muito (2) pouco (3) sem óleos.
- Esgoto: (1) esgoto doméstico (2) fluxo superficial (3) sem esgoto.
- Vegetação (preservação): (1) alta degradação (2) baixa degradação (3) preservado.
- Uso por animais: (1) presença (2) apenas marcas (3) não detectado.
- Uso por humanos: (1) presença (2) apenas marcas (3) não detectado.
- Proteção do local: (1) sem proteção (2) com proteção, mas, com acesso (3) com proteção, mas, sem acesso.
- Proximidade com residência: (1) menos de 50 m (2) entre 50 e 100m (3) mais de 100m.
- Tipo de área em inserção: (1) ausente (2) propriedade privada (3) parques ou áreas protegidas.

Soma da Pontuação =

Classe =

Classe	Pontuação
Ótima	37-39
Boa	34-36
Razoável	31-33
Ruim	28-30
Péssima	<28

Apêndice B

Características gerais e variáveis ambientais de 10 nascentes situadas em Juiz de fora e microrregiões, Minas Gerais, Brasil. IC= Índice de Impacto Ambiental, Cob_veg= Porcentagem de cobertura vegetal, Profun(cm)= Profundidade em centímetros, Altitude(m)= Altitude em metros, °C= Temperatura em graus celcius, mmHg= milímetros de mercúrio, DO= Porcentagem de Oxigênio Dissolvido, SPC= Condutividade específica, C= Condutividade, TDS= Sólidos Totais Dissolvidos, Sal= sal em partes por trilhão, pH= Potencial Hidrogeniônico, ORP= Potencial Oxi-Redutor, Turb= Turbidez (NTU), NO3= nitrato (µg L-1), NO2= nitrito (µg L-1), NH4= amônia (µg L-1), DIN= Nitrogênio Inorgânico Dissolvido (ug L-1), NOT= nitrogênio Orgânico Total (ug L-1), NT= Nitrogênio Total (ug L-1), SiO3= sílica (mg L-1), PO43-= Fósforo dissolvido (µg L-1), PT= Fósforo Total (µg L-1), AMG= Areia Muito Grossa(%), AG= Areia Grossa (%), AM= Areia Média (%), AF= Areia Fina (%), AMF= Areia Muito Fina(%), S_A= Silte e Argila (%) e MO= Matéria Orgânica (%).

	M1A	M2A	M3B	M4B	M5B	E1A	E2A	E3A	E4B	E5C
Características Gerais										
Entorno	mata	mata	mata	mata	mata	eucalipto	eucalipto	eucalipto	eucalipto	eucalipto
Tipologia	rheocreno	helocreno	rheocreno	rheocreno	Rheocreno	limnocreno	rheocreno	rheocreno	rheocreno	rheocreno
Longitude	43W17'26"	43W17'26"	43W34'18"	43W34'26"	43W34'31"	43W16'54"	43W16'40"	43W17'29"	43W34'02"	43W36'01"
Latitude	21S38'17"	21S38'16"	21S39'42"	21S39'39"	21S39'55"	21S37'34"	21S37'41"	21S37'45"	21S40'32"	21S52'56"
Variáveis Ambientais										
IC	ótimo	ótimo	ótimo	ótimo	ótimo	Razoável	ótimo	bom	Bom	ótimo
Cob_veg	68	69	61	52	63	50	56	62	57	50
Profun	2	4	5,5	9,8	2,5	7	4	3,5	3	20
Altitude	751	781	774	777	791	696	753	666	762	861
°C	16,5	16,5	16,6	17,7	16,3	18,8	19,5	17,1	16,4	18,6
mmHg	706,9	705,4	703,7	702,5	704,9	704,7	700	711,7	709,5	692,9

Continuação apêndice B: Características gerais e variáveis ambientais de 10 nascentes situadas em Juiz de fora e microrregiões, Minas Gerais, Brasil. IC= Índice de Impacto Ambiental, Cob_veg= Porcentagem de cobertura vegetal, Profun(cm)= Profundidade em centímetros, Altitude(m)= Altitude em metros, °C= Temperatura em graus celcius, mmHg= milímetros de mercúrio, DO= Porcentagem de Oxigênio Dissolvido, SPC= Condutividade específica, C= Condutividade, TDS= Sólidos Totais Dissolvidos, Sal= sal em partes por trilhão, pH= Potencial Hidrogeniônico, ORP= Potencial Oxi-Redutor, Turb= Turbidez (NTU), NO3= nitrato ($\mu\text{g L}^{-1}$), NO2= nitrito ($\mu\text{g L}^{-1}$), NH4= amônia ($\mu\text{g L}^{-1}$), DIN= Nitrogênio Inorgânico Dissolvido ($\mu\text{g L}^{-1}$), NOT= nitrogênio Orgânico Total ($\mu\text{g L}^{-1}$), NT= Nitrogênio Total ($\mu\text{g L}^{-1}$), SiO3= sílica (mg L-1), PO43-= Fósforo dissolvido ($\mu\text{g L}^{-1}$), PT= Fósforo Total ($\mu\text{g L}^{-1}$), AMG= Areia Muito Grossa(%), AG= Areia Grossa (%), AM= Areia Média (%), AF= Areia Fina (%), AMF= Areia Muito Fina(%), S_A= Silte e Argila (%) e MO= Matéria Orgânica (%).

	M1A	M2A	M3B	M4B	M5B	E1A	E2A	E3A	E4B	E5C
Variáveis ambientais										
DO	31,7	63,4	54,9	50,3	69,4	15,7	49	54,1	53,4	24,5
SPC	13,2	8,7	19,1	23,1	22,2	96,2	101,6	34,5	83,9	78,6
C	11,1	7,3	15,8	19,9	18,5	85,5	91	29,3	70	68,8
TDS	8,45	5,85	12,35	14,95	14,3	62,4	64,35	22,75	55,25	50,7
SAL	0	0	0,02	0,01	0,01	0,04	0,05	0,01	0,04	0,04
pH	6,92	6,75	6,69	6,45	6,12	6,73	7,03	6,61	6,92	6,49
ORP	-34	-28,1	-26,1	-51,4	-26,9	-103,4	-102,6	-67,9	-71,5	-41,2
NTU	176	7,15	10,2	19,37	15,41	22,47	10,74	10,25	10,62	1,82
NO3	320,11	228,79	252,02	256,15	108,47	385,42	419,54	982,6	289,7	115,58
NO2	2,48	1,31	1.250	2,04	1,22	1,62	1,75	1,21	1,29	0,85
NH4	241,27	102,84	68,63	26,95	44,6	583,15	43,34	18,02	104,41	38,17
DIN	563,87	332,94	321,9	285,16	154,3	970,2	464,64	1001,84	395,41	154,61
NOT	3095,81	1463,29	1312,36	1350,79	1469,49	962,56	1168,23	896,31	1270	1339,37
NT	3659,69	1796,24	1634,27	1635,96	1623,8	1932,76	1632,87	1898,15	1665,41	1493,99
SiO3	2,82	0,72	0,98	2,27	7,29	3,37	5,33	10,23	1,69	0,4
PO43-	13,36	16,15	31,99	20,91	20,07	10,64	15,38	17,15	20,12	17,91

Continuação apêndice B: Características gerais e variáveis ambientais de 10 nascentes situadas em Juiz de fora e microrregiões, Minas Gerais, Brasil. IC= Índice de Impacto Ambiental, Cob_veg= Porcentagem de cobertura vegetal, Profun(cm)= Profundidade em centímetros, Altitude(m)= Altitude em metros, °C= Temperatura em graus celcius, mmHg= milímetros de mercúrio, DO= Porcentagem de Oxigênio Dissolvido, SPC= Condutividade específica, C= Condutividade, TDS= Sólidos Totais Dissolvidos, Sal= sal em partes por trilhão, pH= Potencial Hidrogeniônico, ORP= Potencial Oxi-Redutor, Turb= Turbidez (NTU), NO3= nitrato ($\mu\text{g L}^{-1}$), NO2= nitrito ($\mu\text{g L}^{-1}$), NH4= amônia ($\mu\text{g L}^{-1}$), DIN= Nitrogênio Inorgânico Dissolvido ($\mu\text{g L}^{-1}$), NOT= nitrogênio Orgânico Total ($\mu\text{g L}^{-1}$), NT= Nitrogênio Total ($\mu\text{g L}^{-1}$), SiO3= sílica (mg L-1), PO43-= Fósforo dissolvido ($\mu\text{g L}^{-1}$), PT= Fósforo Total ($\mu\text{g L}^{-1}$), AMG= Areia Muito Grossa(%), AG= Areia Grossa (%), AM= Areia Média (%), AF= Areia Fina (%), AMF= Areia Muito Fina(%), S_A= Silte e Argila (%) e MO= Matéria Orgânica (%).

	M1A	M2A	M3B	M4B	M5B	E1A	E2A	E3A	E4B	E5C
Variáveis Ambientais										
PT	777,21	88,1	77,64	69,34	104,78	171,42	68,29	171,85	58,8	40,79
AMG	77	64,05	67,8	12,57	66,61	31,95	12,94	3,25	16,18	26,22
AG	14,2	19,73	0	18,11	0	39,03	11,68	2,18	44,73	16,89
AM	6,11	11,77	25,23	15,74	26,45	15,97	5,45	1,17	28,59	10,24
AF	1,54	2,1	1,89	4,87	2,35	3,51	1,41	0,58	6,04	1,01
AMF	0,59	0,54	0,59	2,46	0,55	2,83	0,24	0,37	2,3	0,3
S_A	0	0,07	0,17	1,33	0,17	1,28	0,22	0,12	0,73	0
MO	81,26	34,6	43,7	70,9	51,13	80,63	23,3	52,8	87,33	25,56

Apêndice C

Abundância de Macroinvertebrados bentônicos em 10 nascentes em Juiz de Fora e microrregiões, Minas Gerais, Brasil. M1A= Nascente 1, Mata, área A; M2A= Nascente 2, Mata, área A; M3B= Nascentes 3, Mata, área B; M4B= Nascente 4, Mara, área B e M5B = Nascente 5, Mata, área B; E1A= Nascente 1, eucalipto, área A; E2A= Nascente 2, eucalipto, área A; E3A= Nascente 3, eucalipto, área A; E4B= Nascente 4, eucalipto, área B e E5C = Nascente 5, eucalipto, área C.

Táxon		M1A	M2A	M3B	M4B	M5B	E1A	E2A	E3A	E4B	E5C
Insecta											
Blattodea											
	Blaberidade	0	2	0	1	1	0	0	0	0	0
Coleoptera											
	Curculionidae	1	0	3	0	0	0	1	0	0	0
	Dytiscidae	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	Elmidae	13	60	18	14	70	0	16	2	41	179
	Hydraenidae	0	0	4	0	3	0	0	2	0	0
	Hydrophilidae	0	3	0	0	0	0	0	1	0	1
	Lampyridae	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Noteridae	0	0	1	0	0	1	0	4	0	0
	Psephenidae	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
	Ptilodactylidae	6	0	0	29	27	0	1	0	1	0
	Scirtidae	3	0	2	9	10	0	2	54	0	0
	Staphylinidae	0	0	4	0	3	0	0	0	0	0
Diptera											
	Ceratopogonidae	52	53	161	90	241	1	29	73	71	256
	Chaoboridae	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	Chironomidae	360	1227	392	334	1278	50	771	572	61	1746

Continuação apêndice C: Abundância de Macroinvertebrados bentônicos em 10 nascentes em Juiz de Fora e microrregiões, Minas Gerais, Brasil. M1A= Nascente 1, Mata, área A; M2A= Nascente 2, Mata, área A; M3B= Nascentes 3, Mata, área B; M4B= Nascente 4, Mara, área B e M5B = Nascente 5, Mata, área B; E1A= Nascente 1, eucalipto, área A; E2A= Nascente 2, eucalipto, área A; E3A= Nascente 3, eucalipto, área A; E4B= Nascente 4, eucalipto, área B e E5C = Nascente 5, eucalipto, área C.

Táxon	M1A	M2A	M3B	M4B	M5B	E1A	E2A	E3A	E4B	E5C
Insecta										
Diptera										
Corethrellidae	0	0	0	0	9	0	1	1	5	4
Culicidae	0	0	2	0	0	0	1	5	4	0
Diptera_sp	0	1	0	6	1	0	0	0	1	0
Dixidae	0	2	0	0	0	0	0	0	0	5
Dolichopodidae	2	246	16	1	8	0	17	3	0	0
Empididae	1	0	0	7	11	0	0	0	0	0
Psychodidae	3	3	10	6	29	1	0	1	4	0
Stratiomyidae	0	0	0	3	20	0	0	0	1	0
Tabanidae	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
Tipulidae	11	58	15	18	148	0	5	4	9	8
Ephemeroptera										
Baetidae	0	0	2	0	0	0	1	0	3	13
Caenidae	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Leptophlebiidae	0	0	2	2	5	0	1	0	1	66
Hemiptera										
Hebridae	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0
Mesoveliidae	6	7	27	4	6	3	3	12	2	12
Pleidae	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0

Continuação apêndice C: Abundância de Macroinvertebrados bentônicos em 10 nascentes em Juiz de Fora e microrregiões, Minas Gerais, Brasil. M1A= Nascente 1, Mata, área A; M2A= Nascente 2, Mata, área A; M3B= Nascentes 3, Mata, área B; M4B= Nascente 4, Mara, área B e M5B = Nascente 5, Mata, área B; E1A= Nascente 1, eucalipto, área A; E2A= Nascente 2, eucalipto, área A; E3A= Nascente 3, eucalipto, área A; E4B= Nascente 4, eucalipto, área B e E5C = Nascente 5, eucalipto, área C.

Táxon		M1A	M2A	M3B	M4B	M5B	E1A	E2A	E3A	E4B	E5C
Insecta											
Plecoptera											
	Perlidae	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
Trichoptera											
	Calamoceratidae	183	99	33	25	17	0	21	9	11	87
	Helicopsychidae	0	0	33	26	0	0	45	7	1	0
	Hydropsychidae	3	8	0	3	23	0	0	0	0	0
	Leptoceridae	125	247	155	21	411	0	9	7	17	47
	Polycentropodidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	98
Odonata											
	Aeshnidae	1	0	0	0	0	0	0	3	0	0
	Coenagrionidae	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
	Gomphidae	0	25	0	0	0	0	1	0	0	0
	Libellulidae	0	0	0	0	0	3	2	0	0	0
	Megapodagrionidae	0	0	5	1	11	0	0	0	0	0
	Protoneuridae	4	0	4	0	3	0	0	0	3	5
Outros											
Annelida											
	Hirudinidae	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	Oligochaeta	189	298	39	79	380	155	97	76	23	3
Arachnida											
	Acari	3	65	36	135	55	0	7	1	9	12

Continuação apêndice C: Abundância de Macroinvertebrados bentônicos em 10 nascentes em Juiz de Fora e microrregiões, Minas Gerais, Brasil. M1A= Nascente 1, Mata, área A; M2A= Nascente 2, Mata, área A; M3B= Nascentes 3, Mata, área B; M4B= Nascente 4, Mara, área B e M5B = Nascente 5, Mata, área B; E1A= Nascente 1, eucalipto, área A; E2A= Nascente 2, eucalipto, área A; E3A= Nascente 3, eucalipto, área A; E4B= Nascente 4, eucalipto, área B e E5C = Nascente 5, eucalipto, área C.

Táxon		M1A	M2A	M3B	M4B	M5B	E1A	E2A	E3A	E4B	E5C
Crustacea	Copepoda	1	139	5	10	26	14	1	1	0	1
	Hyalellidae	0	0	0	0	0	0	168	111	0	0
	Trichodactylidae	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0
	Isopoda	1	1	0	1	9	0	0	1	0	0
Collembola	Arrhopalitidae	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0
	Isotomidae	3	0	4	1	4	0	1	1	0	0
	Sminthuridae	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Gastropoda	Gastropoda_sp1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
	Planorbidae	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Molusca	Bivalvia	0	0	3	2	17	0	36	4	0	0
Nematoda	Nematoda	62	39	1	62	97	0	2	3	4	0
Plathyelminthes	Planariidae	5	5	0	0	31	0	3	5	0	0
Abundância Total		1039	2591	982	896	2966	230	1249	967	272	2543