

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E
EVOLUÇÃO

**EFEITO DE DISTÚRBO CAUSADO PELO
DESPEJO DE EFLUENTE ORGÂNICO
SOBRE A COMUNIDADE DE INSETOS
AQUÁTICOS**

Acadêmica: Cecília Santiago do Carmo Araújo

Orientadora: Dra. Adriana Rosa Carvalho

GOIÂNIA

2011

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E EVOLUÇÃO

**EFEITO DE DISTÚRBO CAUSADO PELO DESPEJO DE
EFLUENTE ORGÂNICO SOBRE A COMUNIDADE DE
INSETOS AQUÁTICOS**

Cecília Santiago do Carmo Araújo

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-graduação em Ecologia e
Evolução do Instituto de Ciências
Biológicas da Universidade Federal de
Goiás, como parte dos requisitos para a
obtenção do título de mestre em Ecologia e
Evolução.

Orientadora: Dra. Adriana Rosa Carvalho

GOIÂNIA
2011

Agradecimentos

Agradeço muito a Deus por ter me dado forças para nunca desistir, bastante paciência e sabedoria para suportar tantas pedras que encontrei ao longo desta caminhada. Ele sabe o quanto eu rezei para que esta fase (o mestrado) fosse concluída com êxito. Agradeço a Ele também por ter colocado pessoas tão boas na minha vida, que me ajudaram e me apoiaram todo este tempo. Desta forma, faço questão de não me esquecer de ninguém, porque cada um tem um valor único e eu nunca vou esquecer o que fizeram por mim.

A toda família:

* à mamãe Sandra e à minha avó (Maria). Sou uma pessoa privilegiadíssima porque tenho duas mães. Obrigada por todo apoio financeiro e emocional que foram essenciais durante todo este curso. Não fossem pelas orações e pela presença das duas em minha vida, nada teria acontecido. Saibam que eu as amo mais do que a mim mesma e se este trabalho aconteceu foi porque vocês estavam comigo. A vocês dedico este trabalho!

* aos meus tios Calu, Newton, Luiz e Carlos, que ajudaram demais me dando lugar para morar, dinheiro quando o meu não dava, transporte, comprando material de coleta, me dando ideias, conselhos, me emprestando os carros para a realização das coletas. A tia Anita, por fazer comidinhas gostosas e por preparar minhas marmitas durante meus dias de laboratório em Anápolis. Enfim, muito obrigada de coração a cada um de vocês.

* ao meu irmão Arthur, pelas boas conversas e pela amizade. Amo muito você!

Ao meu namorado Gustavo que, pacientemente (ou não), suportou comigo todo este sufoco, que há muitos anos tem ficado ao meu lado, inclusive nos piores momentos. Muito obrigada pela atenção e carinho que você e sua família têm me dedicado. Amo você amplamente.

A minha orientadora Adriana, que fez muita falta neste último ano. Obrigada por ter aturado todos estes anos os meus desesperos e destemperos, minhas agonias e minhas confusões, por ter me ensinado tanta coisa e por ter me orientado em boas decisões. Obrigada pelo incentivo, pelo investimento e pela dedicação. Em muitos momentos você foi mais que uma orientadora.

Aos meus amigos:

*Ju (Juliana Simião), muito obrigada pela parceria em vários trabalhos, pela companhia dentro e fora do LAB, por me dar hospedagem sempre que preciso ficar em Anápolis, pela grande amizade que construímos ao longo destes anos. Obrigada por estar sempre pronta para escutar minhas lamentações, minhas alegrias, minhas dúvidas, por compartilhar comigo bons e maus momentos e por me ensinar tanta coisa. Muito obrigada!

*à Carla Patrícia (Nega) faço um agradecimento especial por ter sido minha amiga e parceira desde o início do mestrado, minha companheira de academia e de inglês, de madrugadas sem dormir, minha consultora em assuntos estatísticos... Muito obrigada por me dar o ombro várias vezes e por enfrentar comigo o dia-a-dia destes últimos dois anos. Adoro você!

*a Terezinha, pela ajuda diária nas triagens do material biológico, pelas conversas, pelos conselhos e pelas boas risadas. Muito obrigada, Tê, por ter me ajudado, você foi peça fundamental nesta etapa do trabalho.

*a Vanessa Lima, por ter compartilhado comigo o “tur” pelas ETEs. Foi legal, né? Rimos demais! Obrigada por ter ajudado nas coletas, na triagem e na montagem das intermináveis lâminas de Chironomidae.

*a todos os colegas do LAB, que fizeram dos meus seis meses de cotidiano de laboratório suportáveis, agradáveis e muito divertidos. Se não fosse pela ajuda de vocês nos serões que fizemos para triarmos meu material (Anderson, Anna Cláudia, Carol, Hasley, Thaís, Ramilla, Daniele e Philip) ou pelo apoio moral (Herick, Ruan, Mioshi e Nathália) eu não teria conseguido. Galera, vocês são a melhor equipe que um laboratório poderia ter! Eu adoro vocês e adoro trabalhar com vocês!

*a Camila, Elaine, Ronny e Priscila. Não pensem que me esqueceria de vocês. Jamais me esqueceria do ano maravilhoso que compartilhamos no LAB durante o desenvolvimento de nossos trabalhos. Sinto muita falta de vocês, do tempo que trabalhávamos e ríamos muito (de tudo). Muito obrigado por terem me ensinado tantas coisas legais.

*a Fernanda Melo, por sempre me atender quando eu a procuro, por sempre dar bons conselhos profissionais, por ter dado bons “pitacos” no meu trabalho e por ter me emprestado o microscópio (e a sala toda) para eu identificar meus Chironomidae.

*a Renata, pelas divertidas conversas e risadas que já demos no final desta jornada. Muito obrigada por sua amizade e por ter feito o mapa de localização das ETEs para mim.

*ao Luis Fernando (Luisão), por termos estudado juntos, nos divertido tanto durante as atividades do mestrado e por ter me ajudado bastante na confecção dos substratos artificiais que seriam usados no meu primeiro projeto.

Agradeço imensamente às professoras Héliida e Samantha por terem cedido gentilmente as estruturas físicas do laboratório de Pesquisas Ecológicas e Educação Científica (LAB - Anápolis), onde eu realizei toda a triagem e parte da identificação dos meus bichos.

A todos da SANEAGO:

*especialmente, ao engenheiro Fábio Julian, que facilitou todos os trâmites burocráticos e logísticos para efetuarmos nossas coletas nas ETEs. Muito obrigada pela atenção, pela ajuda e pelas informações que foram valiosas em nosso trabalho.

* aos operadores das ETEs, Rogério, Fernando, Kened, Irmon, Odair e Lopes, que gentilmente nos ajudaram durante as coletas. Somente eu e a Vanessa não teríamos conseguido se cada um de vocês não tivesse ajudado. Muito obrigado!

*aos motoristas Odilon e Gonçalves que nos levaram a várias ETEs antes e durante as coletas, e à técnica Fabiana, que nos ajudou com muitas informações e durante as coletas nas ETEs Guapó e Lages.

Agradeço à professora Susana Trivinho Strixino pelo conhecimento em taxonomia de Chironomidae e, por mais uma vez, ter tido gentileza e disponibilidade de nos receber em seu laboratório em São Carlos. Obrigada por aceitar ser membro da banca e por contribuir com tantas sugestões pertinentes.

Agradeço a todos os professores da pós-graduação que imensamente contribuíram com a minha formação, especialmente ao professor Paulo De Marco, que me apoiou, aconselhou e acalmou no momento mais difícil do mestrado.

Agradeço a Capes, por ter me concedido uma bolsa, a qual me sustentou e tanto ajudou durante estes 24 meses de curso.

Agradeço a Universidade Federal de Goiás e ao Programa de Pós-graduação em Ecologia e Evolução, pelo curso, pelo conhecimento intelectual e pelo autoconhecimento, pelo crescimento profissional e, especialmente, o crescimento

peçoal, que me proporcionaram o amadurecimento de vida, que me mostraram que posso falhar, apesar de não querer, que tenho limites (pessoais e intelectuais) que, às vezes, independem da minha dedicação ou da minha responsabilidade. Muito obrigada por terem ajudado a me transformar em uma pessoa melhor.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	I
LISTA DE FIGURAS	II
LISTA DE ANEXOS	IIv
RESUMO.....	v
ABSTRACT.....	vi
1. INTRODUÇÃO	1
2. HIPÓTESES.....	4
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	4
3.1. DESCRIÇÃO DAS ÁREAS DE AMOSTRAGEM.....	4
3.2. METODOLOGIA DE COLETA.....	7
3.3. CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL.....	8
3.4. ANÁLISE DOS DADOS.....	8
4. RESULTADOS	10
4.1. TESTE DE ABUNDÂNCIA GERAL A MONTANTE E A JUSANTE DAS ETES ¹⁰	
4.2. AVALIAÇÃO DA ABUNDÂNCIA POR TÁXON A MONTANTE E A JUSANTE DAS ETES.....	11
4.3. COMPARAÇÃO ENTRE RIQUEZA DE INSETOS AQUÁTICOS ANTES E DEPOIS DAS ETES	13
4.4. SIMILARIDADE TAXONÔMICA	15
4.5. DISTRIBUIÇÃO DOS TÁXONS EM RELAÇÃO ÀS VARIÁVEIS AMBIENTAIS	16
4.5.1. Táxons de Chironomidae.....	16
4.5.2. Táxons de EPT.....	19
5. DISCUSSÃO	21
5.1. ALTERAÇÕES NA ABUNDÂNCIA	21
5.2. RIQUEZA E COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA	23
6. CONCLUSÃO	26
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	27
ANEXOS	33

Lista de tabelas

Tabela 1: Correlação entre as variáveis físicas e químicas e os dois eixos de ordenação da CCA feita com Chironomidae (TDS - Sólidos totais dissolvidos).

Tabela 2: Correlação entre os táxons de Chironomidae e as variáveis ambientais (Teste de Monte Carlo: $p = 0,049$; 999 permutações).

Tabela 3: Correlação entre os táxons de EPT e as variáveis ambientais (Teste de Monte Carlo: $p=0.001$; 999 permutações).

Tabela 4: Correlação entre as variáveis físicas e químicas e os dois eixos de ordenação da CCA feita com táxons de EPT (TDS - Sólidos totais dissolvidos).

Lista de figuras

Figura 1: Mapa de localização das cinco Estações de Tratamento de Esgoto amostradas no Estado de Goiás e seus respectivos municípios. 1- ETE Campos Dourados; 2- ETE Cruzeiro do Sul; 3- ETE Guapó; 4- ETE Lages; 5- ETE Trindade.

Figura 2: Abundância total de insetos aquáticos amostradas a montante e a jusante das cinco Estações de Tratamento de Esgoto (C. Dourados = Campos Dourados; C. do Sul= Cruzeiro do Sul).

Figura 3: Comparação entre abundância de insetos aquáticos a montante e a jusante do despejo das cinco Estações de Tratamento de Esgotos (Teste t pareado: $t = 4,21$; g.l.= 4; $p = 0,01$).

Figura 4: Riqueza taxonômica em nível de família de insetos aquáticos registrada a montante e a jusante das cinco Estações de Tratamento de Esgoto (C. Dourados = Campos Dourados; C. do Sul= Cruzeiro do Sul).

Figura 5: Riqueza taxonômica em nível de gênero de insetos aquáticos registrada a montante e a jusante das cinco Estações de Tratamento de Esgoto (C. Dourados = Campos Dourados; C. do Sul= Cruzeiro do Sul).

Figura 6: Comparação entre riqueza taxonômica em nível de gênero (Figura 6A; Teste t pareado: $t = 0,791$; g.l.= 4; $p = 0,473$) e famílias (Figura 6B; Teste t pareado: $t = 1,537$; g.l.= 4; $p = 0,199$) de insetos aquáticos registrados a montante e a jusante de cinco Estações de Tratamento de Esgoto.

Figura 7: Curvas de rarefação geradas utilizando-se o número de indivíduos por trecho de montante e jusante das cinco Estações de Tratamento de Esgoto amostradas. (m= montante; j= jusante; ETE: CD= Campos Dourados; L= Lages; CS= Cruzeiro do Sul; T= Trindade; G= Guapó)

Figura 8: Ordenação dos táxons de insetos aquáticos originada pelo escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) para as cinco Estações de Tratamento de Esgoto (ETE: T= ETE Trindade; CD= ETE Campos Dourados; CS= ETE Cruzeiro do Sul; G= ETE Guapó; L= ETE Lages).

Figura 9: Diagrama de ordenação produzido pela análise de correspondência canônica (CCA) de 43 táxons de Chironomidae em cinco Estações de Tratamento de Esgoto e oito variáveis ambientais. (T: ETE Trindade; CD: ETE Campos Dourados; CS: ETE Cruzeiro do Sul; G: ETE Guapó; L: ETE Lages; Cond: condutividade; TDS: sólidos totais dissolvidos; DO: oxigênio dissolvido; Veloc: velocidade da água; Prof: profundidade. Temperatura e Turbidez não foram explicativas e não aparecem na figura. Ver Anexo IV para legenda dos táxons).

Figura 10: Diagrama de ordenação produzido pela análise de correspondência canônica (CCA) entre os táxons de EPT (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) e as variáveis ambientais nos trechos de montante e de jusante. Temperatura, Turbidez não foram explicativas e não aparecem na figura. A variável Vazão foi retirada da análise, porque não é possível apresentar mais variáveis do que pontos amostrais na análise. O trecho a

jusante da ETE Trindade foi retirado da análise porque não apresentou táxons de EPT. (T: ETE Trindade; CD: ETE Campos Dourados; CS: ETE Cruzeiro do Sul; G: ETE Guapó; L: ETE Lages; Cond: condutividade; TDS: sólidos totais dissolvidos; DO: oxigênio dissolvido; Veloc: velocidade da água; Prof: profundidade)

Anexos

Anexo I: Abundância total (N), frequência de ocorrência (%), riqueza dos táxons (S) e riqueza rarefeita registrados em cada uma das cinco Estações de Tratamento de Esgoto - ETEs (L: Lages; G: Guapó; T: Trindade; CS: Cruzeiro do Sul; CD: Campos Dourados)

Anexo II: Caracterização ambiental e física dos córregos receptores dos efluentes liberados pelas cinco Estações de Tratamento de Esgoto amostradas no Estado de Goiás. (Cond.= condutividade elétrica; Turb.= turbidez; DO= oxigênio dissolvido; T= temperatura; TDS= sólidos totais dissolvidos; Veloc.= velocidade média; os maiores valores registrados para cada variável estão em negrito)

Anexo III: Valores obtidos através do teste “Indicators Species Analysis” (INDVAL), sugerindo espécies indicadoras amostradas nos trechos de montante e jusante das Estações de Tratamento de Esgoto. Valor de p de Monte Carlo, com 4.999 permutações. (em negrito estão os valores significativos de p; $p \leq 0,05$)

Anexo IV: Legenda dos nomes dos táxons de Chironomidae apresentados na Análise de Correspondência Canônica (CCA) da figura 9.

Resumo

Dentre os diversos impactos ambientais causados pelas atividades antrópicas, o despejo de efluentes domésticos e industriais tem sido um dos principais distúrbios que causam a degradação da qualidade da água em sistemas naturais por alterarem suas características físicas, químicas e biológicas. Por esta razão, o objetivo deste trabalho foi verificar o efeito do lançamento de resíduos orgânicos de cinco Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) sobre abundância, riqueza e composição da entomofauna aquática presentes nos córregos receptores, além de testar as hipóteses de que: i) o distúrbio causado pelo despejo de efluentes de ETEs altera a abundância de alguns grupos de insetos aquáticos no trecho de jusante quando comparado ao trecho de montante e ii) a composição taxonômica a jusante do impacto das ETEs é modificada devido à presença de táxons resistentes. Desta forma, a coleta de insetos aquáticos e medidas de algumas variáveis limnológicas foram realizadas no período de estiagem de 2010, com o auxílio do amostrador Surber, 100m a montante e 100m a jusante do despejo do efluente. As larvas de Chironomidae e de EPT (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) foram identificadas até gênero. Para testar as hipóteses foi realizado um teste t pareado com os dados de abundância total logaritmizados, um teste t pareado com a riqueza de táxons identificados em nível de família e em nível de gênero. Para avaliar a composição dos táxons nos dois trechos amostrados em relação às variáveis ambientais foram feitas duas CCA separadamente, uma com os táxons de Chironomidae e uma com os de EPT. Os resultados mostraram que abundância registrada a jusante ($\mu = 4.523,8 \pm 2.578,9$) foi maior que a registrada a montante ($\mu = 863,4 \pm 508,4$) em todas as ETEs. O resultado do teste t pareado utilizando valores de abundância total dos táxons mostrou diferenças significativas entre montante e jusante (Teste t pareado: $t = 4,21$; g.l. = 4; $p = 0,01$), indicando a eliminação de táxons sensíveis e o aumento na abundância de táxons dominantes, favorecidos pelas mudanças físicas e químicas da água, como é o caso de *Chironomus*, resistente a altas concentrações de detritos orgânicos. Tanto a riqueza de gêneros (Teste t pareado: $t = 0,791$; g.l. = 4; $p = 0,473$) quanto a de famílias (Teste t pareado: $t = 1,537$; g.l. = 4; $p = 0,199$) não foram diferentes nos dois trechos, mostrando que este indicador não é o mais adequado em casos em que ocorre substituição de táxons. As ordenações produzidas pelas CCAs foram complementares, confirmando a substituição de táxons entre montante e jusante, em que larvas como *Farrodes*, *Tricorythodes*, *Alisotrichia* e *Mortoniella* foram favorecidas pelas águas mais oxigenadas. Desta forma, foi evidente que o lançamento de resíduos orgânicos pelas ETEs modificou a estrutura da comunidade de insetos aquáticos presentes nos córregos receptores aumentando a abundância, alterando a ordem de dominância e causando substituição de táxons entre montante e jusante.

Palavras-chave: efluente orgânico, distúrbio, Estação de Tratamento de Esgoto, insetos aquáticos, bioindicadores.

Abstract

Among several environmental impacts caused by human activities, the release of domestic and industrial effluents has been major disturbances that cause degradation of water quality in natural systems by altering their physical, chemical and biological features. For this reason, the aim of this work was to evaluate the effect of discharging organic waste from five Sewage Treatment Plants (STP) on abundance, richness and composition of aquatic insect fauna present in streams receiving sewage, in addition to test the hypotheses that i) disturbance caused by the discharge of effluents from STP alters the abundance of some groups of aquatic insects in the site downstream when compared to the upstream of site and ii) the taxonomic composition of the downstream impact of STPs is modified by the presence of resistant taxa. Thus, the sampling of aquatic insects and measures of some limnological variable was carried out during the drought of 2010, with the Surber sampler, 100m upstream and 100m downstream from the effluent discharge. Chironomidae and EPT larvae (Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera) were identified to genus. To test the hypothesis, a paired t test was performed with logarithmic data of total abundance, a paired t test with the richness of taxa identified at family and genus level. To evaluate the composition of the taxa sampled in two parts in relation to environmental variables were carried out two CCA separately, one with the taxa of Chironomids and one with the EPT. The results showed that abundances recorded downstream ($\mu = 4523.8 \pm 2578.9$) was higher than that recorded upstream ($\mu = 863.4 \pm 508.4$) on all STP. The results of paired t test using values of total abundance of taxa showed significant differences between upstream and downstream (paired t test: $t = 4.21$, d.f. = 4, $p = 0.01$), indicating the elimination of sensitive taxa and the increase abundance of dominant taxa, favored by the physical and chemical changes of water, such as *Chironomus*, resistant to high concentrations of organic debris. Both genera richness (paired t test: $t = 0.791$, d.f. = 4, $p = 0.473$) as the families (paired t test: $t = 1.537$, df = 4, $p = 0.199$) were not different in two sites, showing that this indicator is not the most appropriate in cases in which there is replacement of taxa. The ordinations produced by the CCAs were complementary, confirming the replacement of taxa between upstream and downstream, where larvae like *Farrodes*, *Tricorythodes*, *Alisotrichia* and *Mortoniella* were favored by more oxygenated water. Thus, it was evident that the organic sewage discharge by STP modified the community structure of aquatic insects found in streams increasing the abundance, altering the dominance order and causing replacement of taxa between upstream and downstream.

Key-words: organic sewage, disturbance, Sewage Treatment Plant (STP), aquatic insects, bioindicator.

1. Introdução

Os ecossistemas aquáticos continentais são extremamente vulneráveis e há muito tempo suportam diversos impactos ambientais causados pelas atividades antrópicas (Callisto *et al.*, 2001; Pompeu *et al.*, 2005; Kleine & Trivinho-Strixino, 2005). Dentre estas atividades, o despejo de efluentes domésticos e/ou industriais tem sido um dos principais distúrbios que causam a degradação da qualidade da água em sistemas naturais (Paul & Meyer, 2001; Ortiz *et al.*, 2005) por alterarem a condutividade elétrica, o pH, a concentração de oxigênio dissolvido, matéria orgânica e nutrientes (Moreno *et al.*, 2006; Hepp & Santos, 2009).

A origem de quase todos os problemas ambientais gira em torno do crescimento exacerbado da população humana. Um maior número de pessoas denota um imenso efeito negativo em relação ao aumento na demanda de energia, no consumo de recursos naturais renováveis (florestas e peixes) e não-renováveis (petróleo, minerais e água) e maior necessidade de produção de alimento pela agricultura (Begon *et al.*, 2006; Sonoda *et al.*, 2010; Palmer *et al.*, 2004). À medida que a população humana cresce e se concentra nas cidades, mais aumentam os trechos poluídos, comprometendo a qualidade da água que é captada para consumo, além da redução da riqueza da biota aquática com a dominância de espécies mais tolerantes (Paul & Meyer, 2001). O problema da poluição orgânica sobre os ambientes aquáticos, então, é sério, o que requer avaliações mais rápidas e detalhadas de forma que se estabeleçam programas eficazes de recuperação e monitoramento destes ambientes (Palmer *et al.*, 2005).

A descarga frequente de resíduos tem o potencial de impactar diretamente todos os níveis de organização (população, comunidade ou ecossistema) (Pickett *et al.*, 1989; White & Jentsch, 2004), gerando mortalidade discreta e pontual, além do deslocamento ou perda em abundância e riqueza de espécies. Isto possibilita o surgimento de novos espaços e/ou recursos e, direta ou indiretamente, proporcionam uma oportunidade para outros indivíduos ou espécies se estabelecerem (Sousa, 1984; Townsend *et al.*, 1997).

Enquanto distúrbios intensos, mesmo que infrequentes, podem resultar em uma significativa redução de diversidade de espécies, há evidências de que a frequência e a menor severidade de distúrbios podem manter a diversidade em alguns sistemas (Sousa, 1979a,b; Huston, 1994). Distúrbios naturais e antropogênicos influenciam,

portanto, a estruturação das comunidades de invertebrados aquáticos. Muitos estudos ainda encontraram que a maior diversidade de espécies ocorre em frequências intermediárias de distúrbio, com baixa diversidade em altas e baixas frequências (Connell, 1978; Townsend *et al.*, 1997; Wilkinson, 1999), mas para outros autores (MaCcabé & Gotelli, 2000; Huston, 1979; 1994), a diversidade de espécies pode atingir altos, baixos ou intermediários picos dependendo das taxas de exclusão competitiva e das taxas de crescimento populacional da comunidade (ver modelo do equilíbrio dinâmico de Huston em Huston, 1979;1994).

Dentro da fauna de macroinvertebrados de água doce, os insetos aquáticos são um grupo eficiente na avaliação de efeitos nocivos causados pelas atividades antrópicas nos ecossistemas aquáticos (Baptista, 2007; Sasaki *et al.*, 2009) devido à capacidade de viver e manter uma alta diversidade na maioria dos sistemas aquáticos, bem como colonizar qualquer tipo de ambiente, preservado ou não (Rosenberg & Resh, 1993; Merritt & Cummins, 1996; Bonada *et al.*, 2006) e por serem de amostragem rápida e barata (Rosenberg & Resh, 1993; Compin & Céréghino, 2003).

A colonização é um importante mecanismo na restauração dos corpos aquáticos após um determinado distúrbio porque ela permite que a comunidade se restabeleça rapidamente, além de ser um processo pelo qual os organismos se movem para se estabelecerem em novas áreas ou em ambientes perturbados onde eles estavam previamente presentes (Matthaei *et al.*, 1996; Figueiroa *et al.*, 2006). Seu entendimento é útil para prever a extensão e o tipo de condições requeridas para a recuperação da fauna num ambiente ecológico perturbado (Figueiroa *et al.*, 2006). Para um ambiente particular ser colonizado, no entanto, são necessários vários fatores como, por exemplo, a disponibilidade de recursos, a área disponível (substrato), temperatura da água, a quantidade de luz disponível, bem como características físicas intrínsecas ao corpo aquático: velocidade da correnteza, profundidade, extensão e declividade do canal (Rosenberg & Resh, 1993; Figueiroa *et al.*, 2006).

Vários distúrbios influenciam os processos de colonização, dentre eles, os hidrológicos (naturais ou artificiais) são as perturbações mais comuns e mais estudadas nos ambientes, porque são eventos que possibilitam a estruturação das comunidades de invertebrados aquáticos (Sousa, 1984; Resh *et al.*, 1988; Townsend, 1989; Matthaei *et al.*, 1996; Melo & Froehlich, 2004). A restauração da comunidade após um evento de inundação é geralmente rápida, com abundâncias atingindo níveis originais (anterior à

perturbação) dentro de poucos dias até alguns meses, dependendo da intensidade do distúrbio (Mackay, 1992).

Poucos trabalhos têm sido realizados para descrever o efeito direto de distúrbios desencadeados por poluição orgânica sobre a estrutura da comunidade de insetos aquáticos (Koetsier, 2002; Azrina *et al.*, 2006; Cortezzi *et al.*, 2009; Langford *et al.*, 2009), em especial em locais que recebem efluentes orgânicos de Estações de Tratamento de Esgotos. Embora as respostas não sejam sempre lineares e previsíveis (Lake *et al.*, 2007), a comunidade pode demorar anos para se recuperar dependendo do tempo de exposição e da severidade da fonte poluidora (Langford *et al.*, 2009; Koetsier, 2002), mesmo após a recuperação da qualidade química da água.

A dificuldade inerente à avaliação de distúrbios antrópicos devido à falta de informação sobre a estrutura da comunidade antes dos mesmos ocorrerem torna imprecisa qualquer inferência sobre as perdas biológicas ocorridas. Neste contexto, delineamentos amostrais que utilizam observações de antes e depois dos impactos, ou seja, comparações entre locais preservados com locais degradados da mesma região podem ser adequados para se testar esses efeitos, já que propõe que uma amostragem seja feita antes e outra depois de um impacto, de forma que a amostragem anterior funcione como o controle dos efeitos observados após o distúrbio (Bernstein & Zalinski, 1983; Stewart-Oaten *et al.*, 1986; Smith *et al.*, 1993; Helson, 2006).

O uso adequado de experimentações, amostragens e replicações para detecção de um distúrbio não-natural causado por influências humanas pode ser uma forma eficaz de se verificar o efeito de perturbações externas sobre a comunidade de insetos aquáticos (Underwood, 1994). Isto facilita a compreensão das respostas de diferentes grupos taxonômicos sob o efeito do despejo de efluentes de natureza orgânica, o que pode nortear o monitoramento e manejo do efeito da operação de Estações de Tratamento de Esgoto sobre esta comunidade e fornecer informações sobre a habilidade dos diferentes táxons em resistir ou sucumbir a este distúrbio.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi verificar o efeito do lançamento de resíduos orgânicos de cinco Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) sobre a abundância, a riqueza e a composição da comunidade de insetos aquáticos presentes nos córregos receptores de efluentes.

2. Hipóteses

As seguintes hipóteses foram testadas neste trabalho:

H1: O distúrbio causado pelo despejo de efluentes de Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) altera a abundância de alguns grupos de insetos aquáticos no trecho de jusante quando comparado ao trecho de montante.

A premissa básica é de que os indivíduos do grupo EPT (ordens Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) serão rapidamente eliminados a jusante, porque este grupo é sensível a impactos antrópicos por necessitar de elevadas concentrações de oxigênio dissolvido na água. Assim, sua abundância será comprometida pela poluição orgânica.

H2: A composição taxonômica a jusante do impacto das ETEs é modificada devido à presença de táxons resistentes, o que torna, portanto, diferente da composição a montante.

Distúrbios frequentes como o despejo de efluentes liberados por Estações de Tratamento de Esgoto desestruturam a comunidade de invertebrados aquáticos, porque causam a alteração da qualidade química da água e a homogeneização dos microhabitats. Assim, ocorrerá substituição de alguns táxons por outros (“turnover”) de forma que a composição a montante do despejo seria diferente daquela observada a jusante.

3. Material e Métodos

3.1. Descrição das áreas de amostragem

Foram realizadas coletas em córregos que recebem os despejos dos efluentes tratados de cinco Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) localizadas no Estado de Goiás (ETE Campos Dourados, ETE Cruzeiro do Sul, ETE Lages, ETE Trindade, ETE Guapó; Figura 1). Todas as ETEs são administradas pela SANEAGO (Saneamento Básico S/A, GO), que é responsável pelo abastecimento de água em 223

municípios, bem como pela coleta e transporte de esgotos em 37 municípios do Estado de Goiás (Saneamento Básico S/A, 2010).

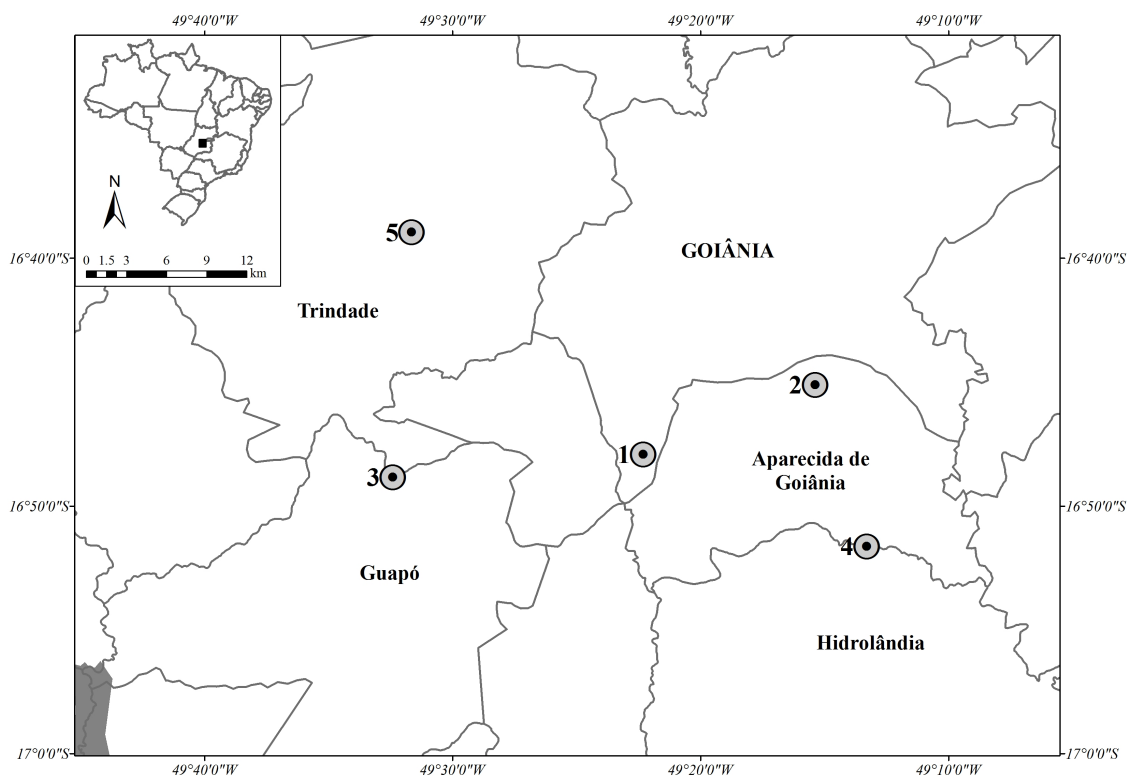


Figura 1: Mapa de localização das cinco Estações de Tratamento de Esgoto amostradas no Estado de Goiás e seus respectivos municípios. 1- ETE Campos Dourados; 2- ETE Cruzeiro do Sul; 3- ETE Guapó; 4- ETE Lages; 5- ETE Trindade.

A ETE Campos Dourados, localizada no Residencial Campos Dourados, em Goiânia, tem vazão de operação média de efluente de 1,5 L/s e o libera no Córrego Rodeio. O córrego é margeado por chácaras em quase toda sua extensão e, provavelmente, recebe despejos de agrotóxicos devido à existência de hortas nestas propriedades. O trecho de montante amostrado é bastante impactado devido à passagem de pessoas de uma margem a outra e à construção de uma ponte. O substrato é formado por pedras grandes e poucas folhas, com presença de lama em alguns pontos. A vegetação às margens deste trecho do córrego é composta por capim, com pouca cobertura vegetal natural. A jusante do córrego, o substrato é formado por pedras e cascalhos finos, além de areia e folhas em alguns trechos. A vegetação marginal é composta basicamente por capim e árvores de grande porte que compõem uma galeria, deixando pouca abertura para entrada de luminosidade. A água tem odor fétido, devido à carga orgânica que recebe e cor ligeiramente escura. Esta ETE é pequena porque foi

criada para tratar o esgoto das cerca de duas mil residências do bairro e usa um sistema de tratamento por radiação ultravioleta.

A ETE Cruzeiro do Sul, situada em Aparecida de Goiânia, tem como corpo receptor o córrego dos Almeidas, que recebe uma vazão de operação média de efluente de 66,1 L/s. O substrato a montante da ETE é pedregoso, arenoso e com presença de folhas esparsas. A vegetação marginal é formada por bambuzal e capim. Existe um processo acelerado de desbarrancamento das margens, além da presença de muito lixo no leito do córrego. Este trecho está localizado após uma ponte. Há pouca luminosidade devido à formação de um dossel pelo bambuzal. A jusante, o substrato é arenoso, com a presença de algumas pedras e lama. As margens do córrego neste trecho também estão desbarrancando e há presença apenas de capim, assim não há cobertura vegetal, proporcionando bastante luminosidade. A água é muito turva com odor fétido.

A ETE de Guapó apresenta uma vazão média de produção de esgoto final tratado de 8,7 L/s, que é liberado no Ribeirão dos Pereiras. A montante do córrego, o substrato é arenoso com presença de pedras. As margens estão assoreadas, devido a pouca cobertura vegetal. A vegetação é formada por gramíneas, com presença de alguns arbustos. Às margens do trecho de jusante, existe pouca cobertura vegetal (basicamente gramíneas), onde ocorre intensa extração de areia, resultando em desbarrancamento das margens do córrego. O substrato é pedregoso e arenoso. A água é cristalina sem odor fétido.

Das cinco ETEs amostradas, a ETE Lages é a maior e está localizada no município de Hidrolândia. A ETE suporta todo o efluente do município de Aparecida de Goiânia e o despeja no Córrego Lages, com uma vazão média de efluente de 23 L/s. A montante, o substrato é pedregoso e arenoso, com presença de poucas folhas. A vegetação é formada especialmente por capim e algumas árvores de pequeno porte. Há assoreamento das margens do córrego. A jusante, a vegetação marginal é formada principalmente por capim e também há assoreamento das margens do córrego. O substrato é pedregoso e arenoso, com presença de poucas folhas e algas. A água é transparente sem odor fétido.

A ETE Barro Preto de Trindade está localizada próximo ao Córrego Barro Preto, seu corpo receptor, operando com vazão média de efluente de 87 L/s. A montante, o substrato é arenoso com presença de algas. Como este trecho está localizado dentro de uma propriedade particular, as margens do córrego estão

desbarrancando devido à visitação de animais para beber água. A vegetação é formada basicamente por capim, gramíneas e alguns arbustos, sem cobertura do leito do córrego. A jusante, o substrato é arenoso, com a presença de cascalho fino. Nas margens do córrego também é perceptível efeitos de assoreamento, com presença de capim e algumas gramíneas. Há a presença de uma plantação de cana-de-açúcar cerca de três metros do córrego. A água tem coloração esverdeada, por causa da presença de algas e odor desagradável. Esta é a única ETE em que o esgoto chega à estação elevatória que o transporta até o tratamento. Nas demais, o efluente chega até a estação de tratamento por gravidade.

Com exceção da ETE Campos Dourados, que tem um tratamento diferenciado por irradiação ultravioleta, todas as outras têm um sistema de tratamento similar, através de lagoas de estabilização, nas quais os esgotos fluem continuamente e são tratados por processos naturais. Bactérias e algas coexistem em um processo de simbiose tratando os esgotos através da decomposição da matéria orgânica pelas bactérias (SANEAMENTO BÁSICO S/A, 2010).

3.2. Metodologia de coleta

As coletas foram realizadas no período de estiagem de 2010, que é a época mais indicada para a realização de estudos ecológicos e de impactos sobre a fauna de insetos aquáticos devido à maior representação da comunidade e maior quantidade de microhabitats disponíveis (Bispo *et al.*, 2001; Bispo & Oliveira, 2007; Diniz-Filho *et al.*, 1998). Neste período existe ainda uma menor capacidade de diluição do córrego (Gasith & Resh, 1999), devido à redução natural da vazão sobre a comunidade, evitando o efeito do distúrbio hidrológico e permitindo uma colonização contínua do substrato pela entomofauna aquática.

A coleta da entomofauna aquática foi feita 100m a montante do despejo do efluente de cada ETE e 100m a jusante do despejo do efluente. Foi usado um amostrador tipo Surber, de malha 0,225mm e área de 900cm², para obter cinco unidades amostrais, totalizando uma área de 0,5m² por trecho amostrado, na tentativa de abranger o maior número de microhabitats disponíveis no local. Ainda no campo os organismos foram conservados em formol 4% e, no laboratório, as larvas foram triadas, identificadas ao menor nível taxonômico possível e preservadas em álcool 70%.

As larvas da família Chironomidae (Diptera) foram identificadas até gênero utilizando-se o meio de Hoyer para a montagem das lâminas semipermanentes (Trivinho-Strixino & Strixino, 1995) e segundo as chaves taxonômicas de Trivinho-Strixino & Strixino (1995) e Wiederholm (1983). As larvas das ordens EPT (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) também foram identificadas até gênero utilizando-se as chaves de Salles (2006), Olifiers *et al.* (2004), Pes *et al.* (2005) e Wiggins (1977).

As estruturas morfológicas de quase metade dos organismos pertencentes à ordem Ephemeroptera a montante (N= 308; 49,5%) e da maioria das larvas a jusante (N= 469; 58,5%) estavam deformadas, prejudicando a identificação.

3.3. Caracterização ambiental

As variáveis físicas e químicas condutividade elétrica (mS/m), turbidez (NTU), concentração de oxigênio dissolvido (OD - g/L), temperatura (°C) e sólidos totais dissolvidos (TDS - g/L) foram medidas no local com o uso do analisador multiparâmetros Horiba. A velocidade da água (m/s) foi medida através do método do flutuador e a vazão (m³/s) foi estimada pelo produto da velocidade média da água por uma área de secção feita no córrego.

3.4. Análises de dados

Para testar a hipótese de que o distúrbio causado pelo despejo de efluentes de Estações de Tratamento de Esgoto altera a abundância de alguns grupos de insetos aquáticos no trecho de jusante, foi realizado um teste t para amostras dependentes (ou pareado), utilizando-se os dados de abundância log-transformados [$\log(x+1)$] da entomofauna aquática a montante e a jusante do despejo. Neste teste, as duas observações em questão estão correlacionadas, ou seja, em pares (Zar, 1999).

Para avaliar se a ordem de dominância dos táxons registrados a montante e a jusante se manteve, foi feita uma análise de correlação pelo índice de Spearman, comparando a abundância de táxons identificados em nível de família e gênero de Chironomidae e de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT). Este índice

correlaciona a ordem dos grupos. Assim, se a correlação for alta indicará que aqueles que predominaram na amostra acima, continuam predominando na amostra abaixo.

Para avaliar a riqueza de insetos aquáticos encontrada nas cinco Estações de Tratamento de Esgoto, foi aplicado o teste t pareado usando i) todos os táxons identificados em nível de família, para se ter um panorama geral da comunidade e ii) apenas os táxons identificados em nível genérico, ou seja, as larvas de Chironomidae e EPT, cuja distribuição foi mais ampla e a identificação foi mais fina.

A riqueza de espécies pode ser influenciada pelo esforço amostral, tendendo a aumentar com o tamanho da amostra ou com o número de indivíduos coletados (Gotelli & Cowell, 2001). Para padronizar o esforço amostral e tornar a riqueza comparável entre os trechos de montante e jusante, foi feita uma curva de rarefação baseada no número de indivíduos de insetos aquáticos (Gotelli & Cowell, 2001). Esta análise foi feita no software R, versão 2.12.1 (R Development Core Team, 2011).

Para avaliar a distribuição dos táxons nos trechos amostrados antes e depois do despejo de efluentes em relação às variáveis ambientais, foi feita uma CCA (Análise de Correspondência Canônica) utilizando-se os dados log-transformados dos táxons de Chironomidae e das ordens EPT e as variáveis ambientais (Ter Braak, 1986; Legendre & Legendre, 1998). Para facilitar a visualização, foi apresentada uma CCA contendo apenas os gêneros de Chironomidae e outra os gêneros de EPT. A significância da relação entre as matrizes bióticas e abióticas foi feita através do teste de permutação de Monte Carlo, com 999 permutações.

Para avaliar a similaridade taxonômica entre montante e jusante das ETES em relação à estrutura da comunidade, foi feita uma ordenação multidimensional não-métrica (“Non-metric Multidimensional Scalling” – NMDS), a partir da matriz de similaridades dos dados de abundância log-transformados [$\log(x+1)$]. Com esta análise, foi possível avaliar se os trechos de montante e jusante foram mais ou menos semelhantes em relação a presença de determinados táxons (Magurran, 2003). Estas análises foram feitas no software R, versão 2.12.1 (R Development Core Team, 2011), utilizando os pacotes *vegan* e *MASS*.

Para quantificar o “valor de bioindicação” dos organismos amostrados nos trechos de montante e jusante, foi utilizado o “Indicator Species Analysis” (INDVAL; Dufrene & Legendre, 1997) para subsidiar os altos valores de abundância registrados para alguns táxons de insetos aquáticos. Este teste combina a abundância relativa dos táxons por locais com a frequência relativa de ocorrência dos mesmos. Um táxon só é

considerado bioindicador de um determinado local se apresentar o maior índice de INDAL, que varia de 0 a 100%, onde zero equivale a não-indicação do táxon em determinado trecho e 100, que a ocorrência de determinado táxon é explicado devido às características do próprio ambiente. A significância desta análise foi obtida através do método de permutação de Monte Carlo, com 4.999 repetições.

4. Resultados

4.1. Teste de abundância geral a montante e a jusante das ETEs

Nas cinco Estações de Tratamento de Esgoto amostradas foi encontrado um total de 26.942 larvas de insetos aquáticos. Deste total, a abundância registrada a jusante ($N_{Jus} = 22.619$ indivíduos) foi maior que a registrada a montante ($N_{Mont} = 4.317$ indivíduos) em todas as ETEs, indicando que após o despejo dos efluentes ocorreu mudança na abundância da entomofauna aquática (Anexo 1).

Os trechos de córrego a montante das ETEs com maiores valores de abundância de insetos aquáticos foram registrados na ETE Guapó ($N_{Mont} = 1.577$) e na ETE Campos Dourados ($N_{Mont} = 1.204$). Os trechos em que se registraram as maiores abundâncias de insetos aquáticos a jusante do despejo do efluente foi na ETE Campos Dourados ($N_{Jus} = 8.671$) e na ETE Cruzeiro do Sul ($N_{Jus} = 6.355$; Figura 2; Anexo I).

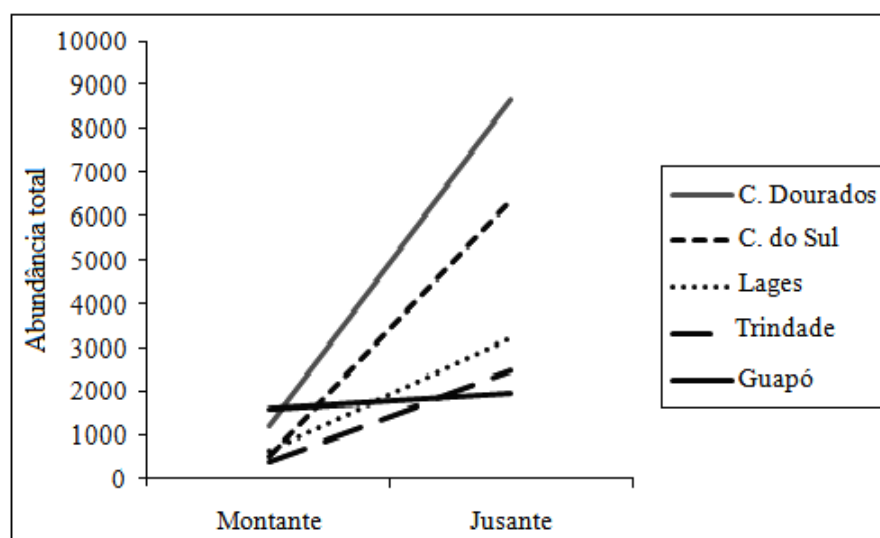


Figura 2: Abundância total de insetos aquáticos amostradas a montante e a jusante das cinco Estações de Tratamento de Esgoto (C. Dourados = Campos Dourados; C. do Sul= Cruzeiro do Sul).

O resultado do teste t pareado, utilizando valores de abundância total dos táxons encontrados a montante e a jusante do despejo do efluente das cinco ETEs, mostrou diferenças significativas ($t= 4,21$; g.l.= 4; $p= 0,01$). A abundância total registrada a jusante dos efluentes, em média ($\mu_{Jus}= 4.523,8 \pm 2.578,89$), foi maior que a abundância total observada nos trechos a montante (Figura 3).

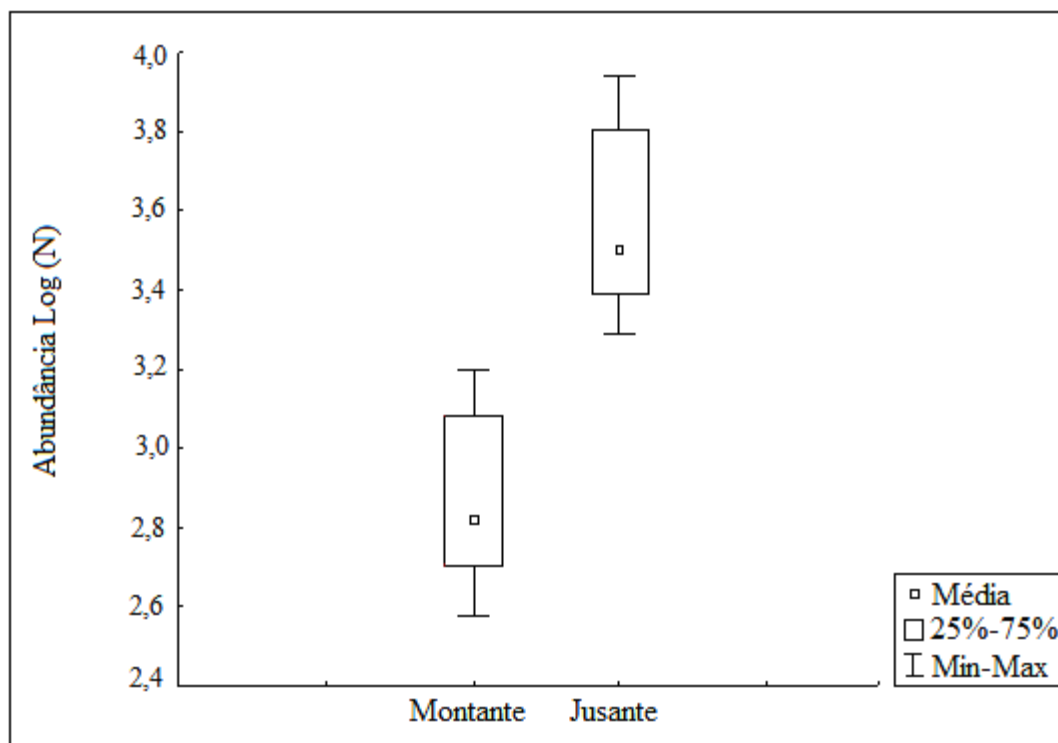


Figura 3: Comparação entre abundância de insetos aquáticos a montante e a jusante do despejo das cinco Estações de Tratamento de Esgotos (Teste t pareado: $t= 4,21$; g.l.= 4; $p= 0,01$).

4.2. Avaliação da abundância por táxon a montante e a jusante das ETEs

Nos trechos a montante do despejo das ETEs, a ordem Diptera foi a mais abundante ($N= 2.929$; 66%) e muito superior à proporção das três ordens de organismos sensíveis à poluição orgânica (EPT – Ephemeroptera, Trichoptera e Plecoptera; 22,2%). A jusante, a proporção de Diptera (93%) foi ainda maior que de organismos das ordens EPT (4,6%).

Houve uma alta correlação entre famílias de Diptera mais abundantes a montante e a jusante (r de Spearman= 0,85). De fato, a maior parte dos dípteros

identificados a montante pertenciam à família Chironomidae (N= 1.881; 68,9%), com ocorrência das subfamílias Chironominae, Orthoclaadiinae e Tanypodinae (Anexo I). A abundância da família Chironomidae e subfamílias citadas acima foram ainda maiores a jusante (98,8%; Anexo I).

A correlação entre abundância a montante e a jusante das larvas de Chironomidae presentes na amostra foi baixa (r de Spearman= 0,44) devido à mudança na ordem de dominância dos grupos. A montante as larvas de maior abundância foram *Caladomyia* (N= 617; 32,8%); *Cricotopus* (N= 274; 14,6%) e *Polypedilum (Tripodura)* (N= 175; 9,3%). A jusante, os táxons mais abundantes foram *Chironomus* (N= 9.664; 46,7%), *Cricotopus* (N= 5.492; 26,5%) e *Polypedilum (Polypedilum)* (N= 1.837; 8,9%; Anexo I).

Uma alta correlação também ocorreu entre táxons em nível de família de EPT registradas a montante e a jusante (r de Spearman= 0,8), indicando a manutenção da ordem de dominância das mesmas famílias nos dois trechos analisados nos cinco ambientes. Embora Ephemeroptera tenha apresentado a segunda maior abundância a montante e a jusante ($\%_{\text{Mont}}= 14,4$; $\%_{\text{Jus}}= 3,5$), a correlação entre abundância dos táxons identificados até o nível de família e gênero registrados nos dois trechos (r de Spearman= 0,5) mostrou que a ordem de dominância dos grupos mudou após o despejo e alguns grupos abundantes a montante tiveram abundância reduzida a jusante.

A correlação entre abundância dos gêneros de Ephemeroptera presentes a montante e a jusante (r de Spearman= 0,56) indicou que embora tenha sido registrada a presença dos mesmos táxons em nível genérico nos dois trechos, os valores de abundância foram diferentes, modificando a ordem (ou classificação) dos grupos quanto à abundância no trecho.

De fato, as larvas *Baetodes* (30,9% dos Baetidae), *Tricorythodes* (39,5% dos Leptohiphidae) e *Farrodes* (60% dos Leptophlebiidae), que foram os mais abundantes a montante, foram também os mais abundantes a jusante, mas ocorreram a jusante em proporções diferentes do registrado a montante do despejo das ETEs (*Baetodes*: 13,3% dos Baetidae; *Tricorythodes*: 57,9% dos Leptohiphidae; *Farrodes*: 63,6% dos Leptophlebiidae).

4.3. Comparação entre riqueza de insetos aquáticos antes e depois das ETEs

Nos trechos de córrego a montante e a jusante das ETEs Guapó e Lages foram registrados os maiores valores de riqueza taxonômica em nível de família (SGuapó_{Mont}= 17; SGuapó_{Jus}= 18 e SLages_{Mont}= 16; SLages_{Jus}= 16; Figura 4; Anexo I) e em nível de gênero de insetos aquáticos (SGuapó_{Mont}= 32; SGuapó_{Jus}= 36 e SLages_{Mont}= 32; SLages_{Jus}= 34; Figura 5; Anexo I), respectivamente.

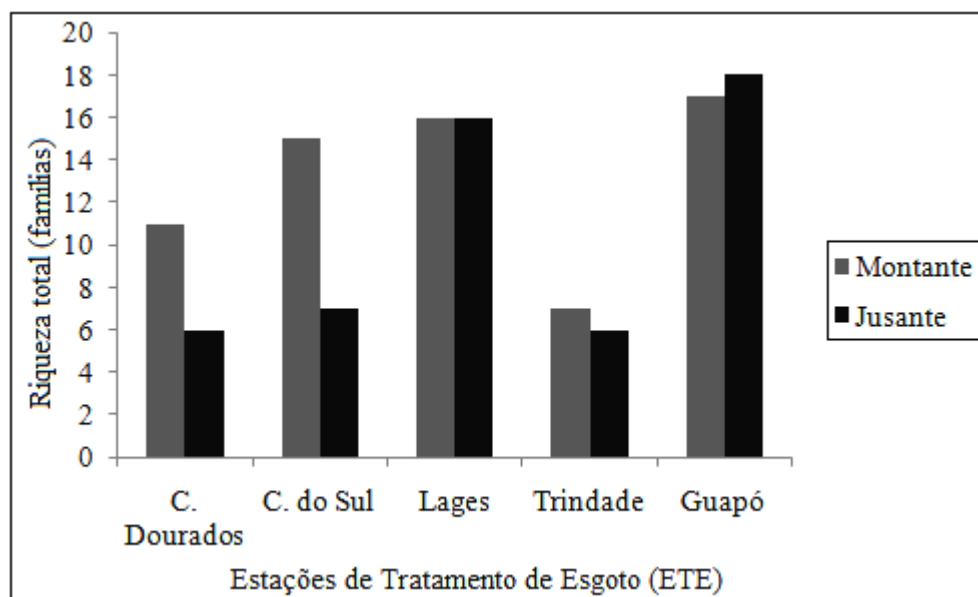


Figura 4: Riqueza taxonômica em nível de família de insetos aquáticos registrada a montante e a jusante das cinco Estações de Tratamento de Esgoto (C. Dourados = Campos Dourados; C. do Sul= Cruzeiro do Sul).

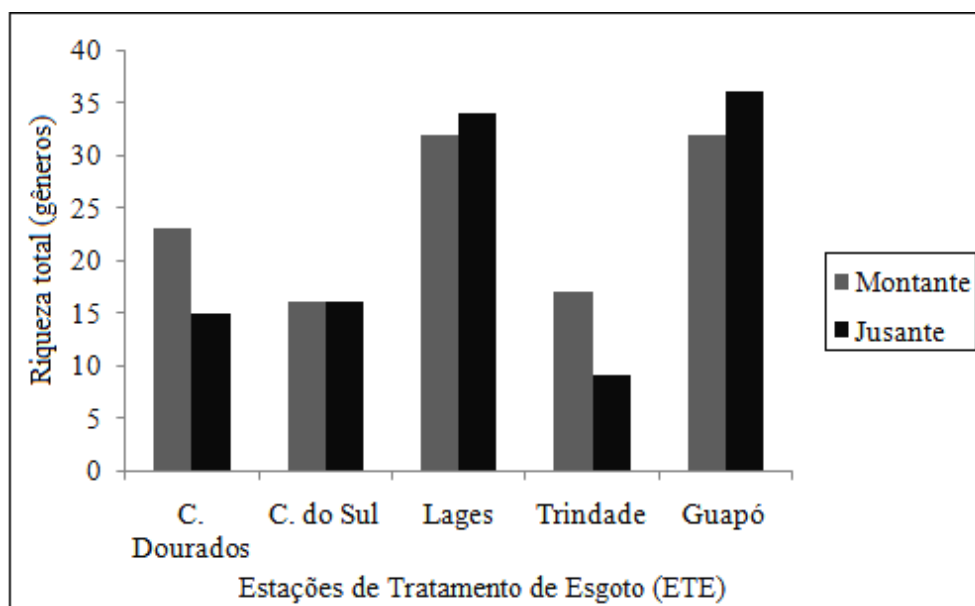


Figura 5: Riqueza taxonômica em nível de gênero de insetos aquáticos registrada a montante e a jusante das cinco Estações de Tratamento de Esgoto (C. Dourados = Campos Dourados; C. do Sul= Cruzeiro do Sul).

Em todos os trechos avaliados nas cinco Estações de Tratamento de Esgoto foram encontrados 64 táxons de insetos aquáticos pertencentes à família Chironomidae e às ordens EPT (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera). A riqueza taxonômica em nível de gênero registrada a montante (S_{Jus} = 53 táxons) de todas as ETEs não foi estatisticamente diferente (Teste t pareado: $t = 0,791$; g.l.= 4; $p = 0,473$; Figura 4A) da riqueza registrada a jusante (S_{Jus} = 52 táxons). O número total de famílias amostradas nos dois trechos das cinco ETEs foi de 28 e não houve diferença significativa (Teste t pareado: $t = 1,537$; g.l.= 4; $p = 0,199$) entre o número de famílias a montante (S_{Mont} = 25) e a jusante (S_{Jus} = 24; Figura 4B; Anexo I).

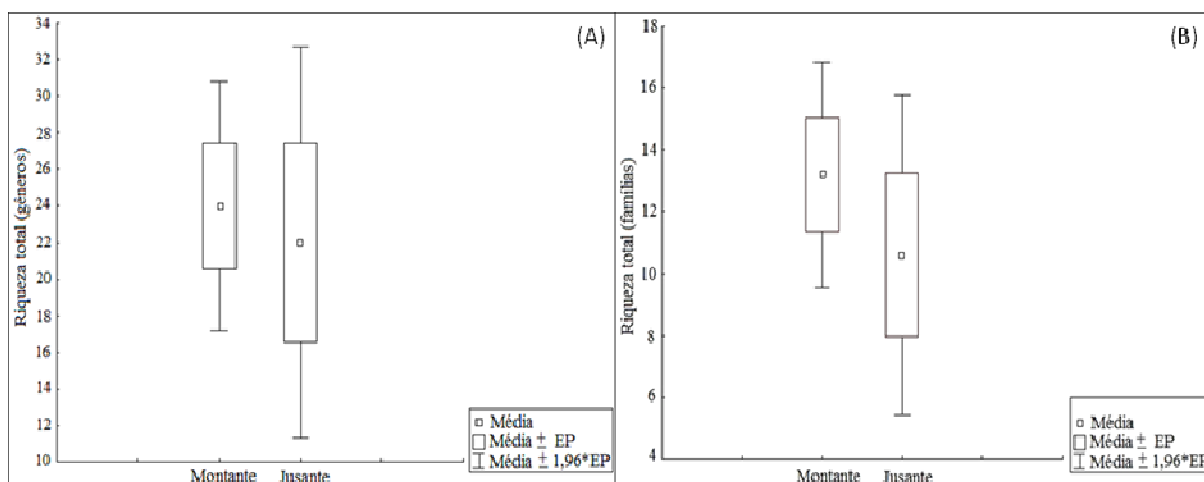


Figura 6: Comparação entre riqueza taxonômica em nível de gênero (Figura 6A; Teste t pareado: $t = 0,791$; g.l.= 4; $p = 0,473$) e famílias (Figura 6B; Teste t pareado: $t = 1,537$; g.l.= 4; $p = 0,199$) de insetos aquáticos registrados a montante e a jusante de cinco Estações de Tratamento de Esgoto.

Como o número de insetos aquáticos variou entre os ambientes de montante e jusante (valor mínimo= 379 indivíduos; valor máximo= 8.671 indivíduos), a rarefação foi utilizada para estimar a riqueza taxonômica de insetos aquáticos baseando-se na menor amostra, que é o trecho de montante da ETE Trindade, com 379 indivíduos. A riqueza estimada pela rarefação variou de seis (jusante da ETE Cruzeiro do Sul) a 31 (montante da ETE Lages) e não apresentou valores muito diferentes da riqueza observada (Anexo I). Os maiores valores de riqueza rarefeita foram registradas nas ETEs Lages e Guapó, tanto a montante (31 e 26, respectivamente) quanto a jusante (21

e 30, respectivamente). Pela curva de rarefação observa-se que em nenhuma ETE a comunidade de insetos aquáticos atingiu o máximo de riqueza quando 379 indivíduos foram amostrados (Figura 7).

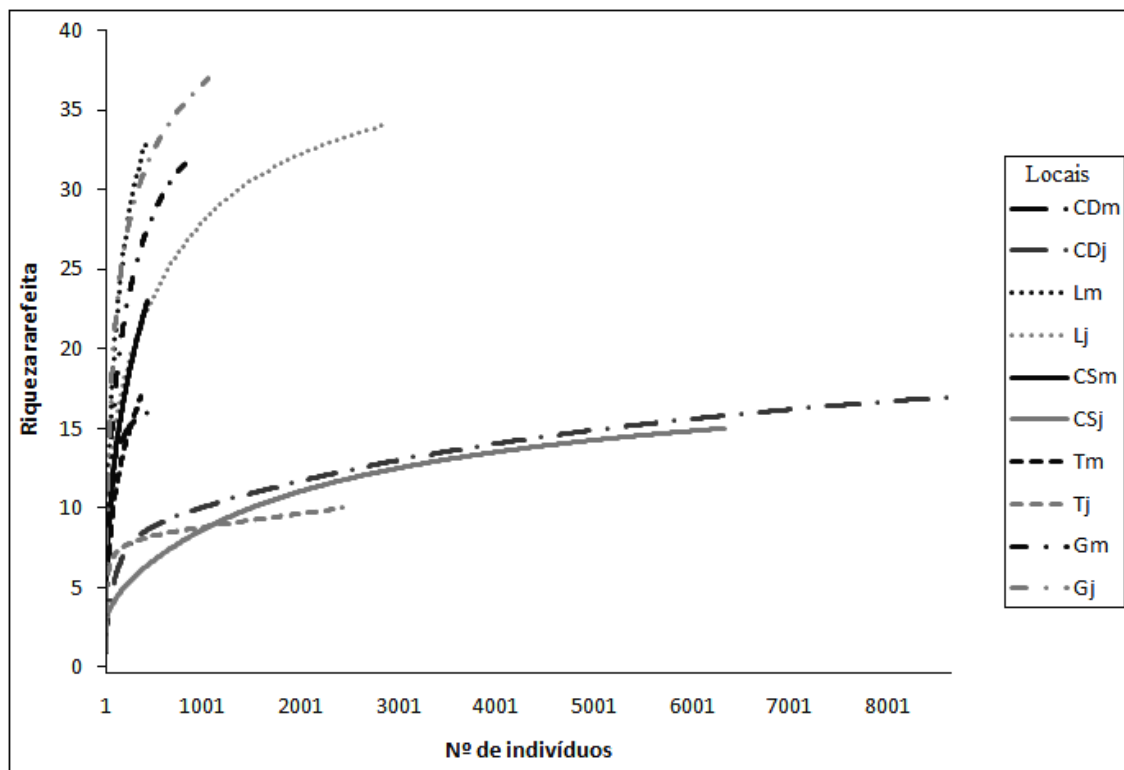


Figura 7: Curvas de rarefação geradas utilizando-se o número de indivíduos por trecho de montante e jusante das cinco Estações de Tratamento de Esgoto amostradas. (m= montante; j= jusante; ETE: CD= Campos Dourados; L= Lages; CS= Cruzeiro do Sul; T= Trindade; G= Guapó).

4.4. Similaridade taxonômica

A ordenação obtida pela NMDS indicou uma separação entre os ambientes de montante e jusante do despejo das ETEs (Figura 8), mostrando que a similaridade de táxons amostrados é maior entre os trechos de montante e jusante entre si. Foi possível evidenciar maior similaridade de táxons entre os trechos de montante e o ponto a jusante da ETE Guapó (Figura 8).

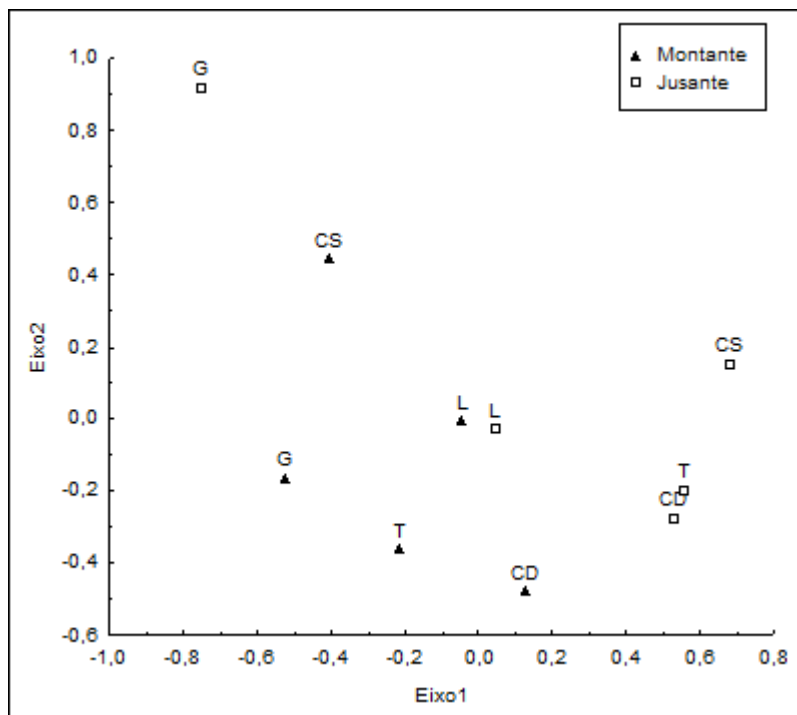


Figura 8: Ordenação dos táxons de insetos aquáticos originada pelo escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) para as cinco Estações de Tratamento de Esgoto (ETE: T= ETE Trindade; CD= ETE Campos Dourados; CS= ETE Cruzeiro do Sul; G= ETE Guapó; L= ETE Lages).

4.5. Distribuição dos táxons em relação às variáveis ambientais

4.5.1. Táxons de Chironomidae

A Análise de Correspondência Canônica (CCA) entre Chironomidae e variáveis ambientais (Anexo II) explicou 40% de toda a variação dos dados e o primeiro eixo do diagrama (que resumiu 26,3% da variação resultante; Figura 9) se correlacionou positivamente à vazão, oxigênio dissolvido e velocidade da água (Tabela 1), que são maiores nos trechos coletados a montante das ETES Trindade, Guapó, Lages e Campos Dourados e a jusante das ETES Guapó e Lages.

Tabela 1: Correlação entre as variáveis físicas e químicas e os dois eixos de ordenação da CCA feita com Chironomidae (TDS - Sólidos totais dissolvidos).

Variáveis ambientais	Eixo 1	Eixo 2
Condutividade	-0,911	-0,021
Turbidez	-0,272	0,006
Oxigênio dissolvido	0,773	-0,176
Temperatura	-0,237	-0,191
TDS	-0,853	0,029
Profundidade	- 0,725	-0,331
Velocidade	0,707	0,003
Vazão	0,856	-0,119

Oxigênio dissolvido, velocidade da água, vazão e profundidade aumentaram em direção oposta à condutividade elétrica e a sólidos totais dissolvidos que foram negativamente correlacionadas com o eixo 1 (Tabela 1), contribuindo para a presença de táxons tolerantes à poluição orgânica como, por exemplo, *Chironomus* e *Cricotopus* (Figura 9) encontrados em grande abundância principalmente a jusante das ETEs Campos Dourados e Cruzeiro do Sul, respectivamente (Anexo I). A correlação entre distribuição dos táxons de Chironomidae e as variáveis ambientais foi significativa ($p=0,049$) e positiva (Tabela 2). A CCA mostra também que o efluente orgânico exerce o mesmo efeito, de alterar a composição taxonômica, igualmente em todas as ETEs.

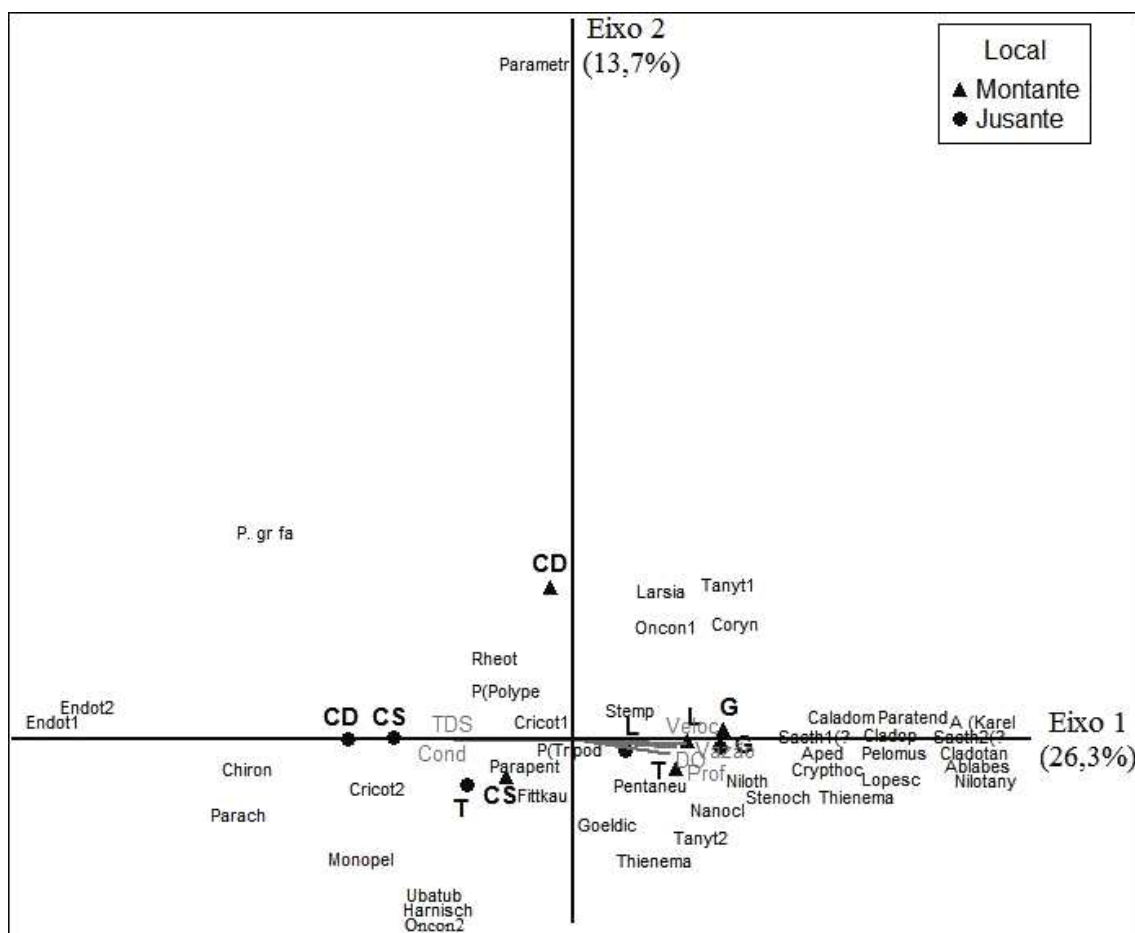


Figura 9: Diagrama de ordenação produzido pela análise de correspondência canônica (CCA) de 43 táxons de Chironomidae em cinco Estações de Tratamento de Esgoto e oito variáveis ambientais. (T: ETE Trindade; CD: ETE Campos Dourados; CS: ETE Cruzeiro do Sul; G: ETE Guapó; L: ETE Lages; Cond: condutividade; TDS: sólidos totais dissolvidos; DO: oxigênio dissolvido; Veloc: velocidade da água; Prof: profundidade. Temperatura e Turbidez não foram explicativas e não aparecem na figura. Ver Anexo IV para legenda dos táxons).

Tabela 2: Correlação entre os táxons de Chironomidae e as variáveis ambientais (Teste de Monte Carlo: $p = 0,049$; 999 permutações).

Eixos	Correlação táxons/variáveis	Média	Mínimo	Máximo
1	1,000	0,984	0,894	1,000
2	0,989	0,982	0,854	1,000
3	0,978	0,992	0,934	1,000

4.5.2. Táxons de EPT

A Análise de Correspondência Canônica (CCA) realizada com táxons de EPT explicou nos dois eixos 63,3% de toda a variação encontrada. Apenas o eixo 1 foi responsável por 39,3% da variação resultante (Figura 10). O teste de significância de Monte Carlo ($p=0,001$) também indicou correlação significativa entre a distribuição dos táxons de EPT e as variáveis ambientais (Tabela 4).

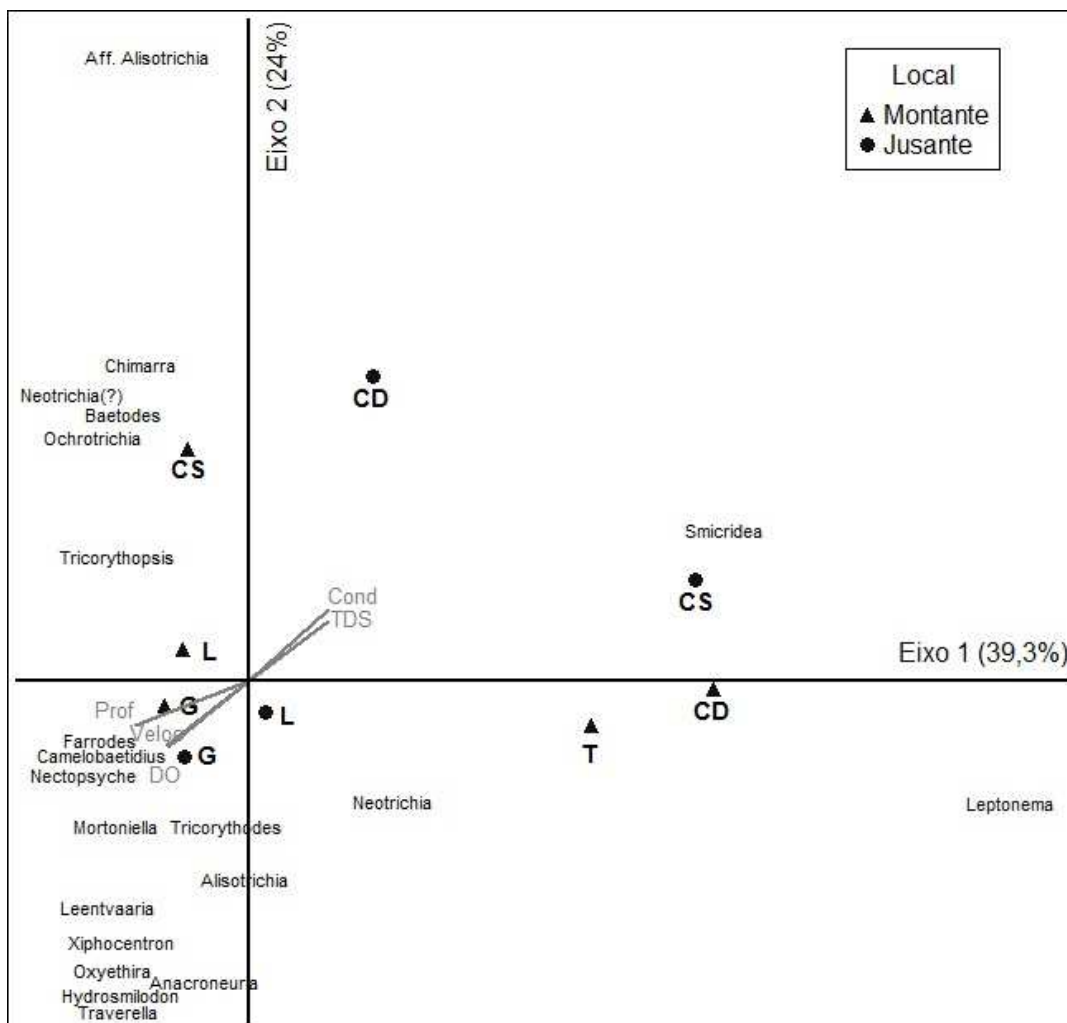


Figura 10: Diagrama de ordenação produzido pela análise de correspondência canônica (CCA) entre os 21 táxons de EPT (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) e as variáveis ambientais nos trechos de montante e de jusante. Temperatura, Turbidez não foram explicativas e não aparecem na figura. A variável Vazão foi retirada da análise, porque não é possível apresentar mais variáveis do que pontos amostrais na análise. O trecho a jusante da ETE Trindade foi retirado da análise porque não apresentou táxons de EPT. (T: ETE Trindade; CD: ETE Campos Dourados; CS: ETE Cruzeiro do Sul; G: ETE Guapó; L: ETE Lages; Cond: condutividade; TDS: sólidos totais dissolvidos; DO: oxigênio dissolvido; Veloc: velocidade da água; Prof: profundidade).

Tabela 3: Correlação entre os táxons de EPT e as variáveis ambientais (Teste de Monte Carlo: $p=0.001$; 999 permutações).

Eixos	Correlação táxons/variáveis	Média	Mínimo	Máximo
1	1,000	0.956	0.780	1.000
2	0,992	0.934	0.702	1.000
3	0,987	0.965	0.685	1.000

Na CCA com EPT, as variáveis profundidade, velocidade da água e oxigênio dissolvido se correlacionaram negativamente ao primeiro eixo, principalmente para as ETEs Guapó e Lages (tanto a montante quanto a jusante) e se associaram à presença e maior abundância de algumas larvas como *Farrodes* sp, *Tricorythodes* sp, *Alisotrichia* sp e *Mortoniella* sp, táxons encontrados em águas correntes e, principalmente, em substratos pedregosos. As variáveis condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos estiveram positivamente relacionados ao segundo eixo (Tabela 4), com o predomínio principalmente do gênero *Smicridea* sp, abundante a montante da ETE Campos Dourados (Anexo I). Novamente, oxigênio dissolvido, velocidade da água, e profundidade aumentaram em direção oposta às variáveis condutividade e sólidos totais dissolvidos (Figura 4).

Tabela 4: Correlação entre as variáveis físicas e químicas e os dois eixos de ordenação da CCA feita com táxons de EPT (TDS - Sólidos totais dissolvidos).

Variáveis ambientais	Eixo 1	Eixo 2
Condutividade	0,484	0,704
Turbidez	-0,184	-0,178
Oxigênio dissolvido	-0,504	-0,654
Temperatura	0,176	0,485
TDS	0,489	0,593
Profundidade	-0,705	-0,449
Velocidade	-0,516	-0,642

O anexo III mostra o resultado do teste INDVAL (“Species Indicator”) em que foram considerados táxons indicadores de locais a montante e a jusante de Estações de Tratamento de Esgoto. Apenas aqueles que apresentaram um nível de significância menor 0,05 ($p \leq 0,05$), segundo o teste de Monte Carlo, é que foram considerados indicadores. Neste caso, dos 64 táxons amostrados, somente os táxons *Polypedidum* (*Polypedilum*) e *Cricotopus* sp1 foram considerados táxons indicadores de trechos de jusante ($p= 0,04$ e $p= 0,07$, respectivamente).

5. Discussão

Recentemente o interesse nos efeitos da atividade humana sobre diversidade e estrutura de comunidades naturais tem se ampliado (Sasaki *et al.*, 2009) e o uso de insetos aquáticos como instrumento para biomonitoramento de distúrbios naturais e humanos em ambientes aquáticos continentais tem aumentado (Rosemberg, 1992; Bonada *et al.*, 2006). Este uso tem indicado diferentes respostas em relação à recuperação da fauna em usinas termoeletricas (Smith, 2003) e em Estação de Tratamento e Esgoto (Ortiz *et al.*, 2005), bem como a ocorrência de deformidades morfológicas, por exemplo, em organismos da família Chironomidae, especialmente em peças bucais, como resultado da exposição a estes distúrbios (Callisto *et al.*, 2000; Sanseverino & Nessimian, 2008). As informações biológicas e limnológicas deste estudo coletadas em trechos de córregos antes e após o despejo dos efluentes das Estações de Tratamento de Esgotos, permitiram verificar que a entrada do efluente potencializou as mudanças na estrutura da comunidade, alterando a abundância e a composição de espécies nos trechos a jusante do lançamento quando comparados com o trecho a montante de cada ETE.

5.1. Alterações na abundância

A diferença entre os altos valores de abundância da entomofauna aquática entre montante e jusante das ETEs e o alto valor deste último trecho (Figura 3), juntamente com as novas condições ambientais geradas pelo despejo de efluentes nos córregos receptores, influenciaram a mudança da estrutura da comunidade de insetos aquáticos. A eliminação de táxons sensíveis a esta perturbação e o aumento na abundância de táxons dominantes foram favorecidos pelas mudanças físicas e químicas da água (Anexo II).

A família Chironomidae, que foi a mais abundante tanto a montante quanto a jusante, apresentou alteração na ordem de dominância entre os dois trechos comparados, visto que a correlação entre táxons presentes a montante e a jusante foi baixa (r de Spearman= 0,45). Todos os organismos identificados a montante (e quase todos identificados a jusante) pertenciam às subfamílias Chironomini, Tanytarsini e Tanytarsini, que, de modo geral, exibem uma tolerância fisiológica a fatores abióticos

tais como temperatura, pH, matéria orgânica e oxigênio (Cranston, 2000). Esta característica justifica o fato de quase todo tipo de ambiente aquático dulcícola (riachos, lagos, poças e até pântanos) ser colonizado por este grupo, possibilitando, portanto, ampla distribuição geográfica (Kikuchi & Uieda, 1998; Franquet, 1999; Galdean *et al.*, 2001).

Apesar da tolerância registrada para indivíduos de Chironomidae, houve diferença de respostas de alguns organismos ao se comparar a abundância registrada por táxon antes e após as ETEs. As larvas de *Caladomyia*, que foram dominantes a montante, não foram amostradas a jusante em três ETEs (Campos Dourados, Cruzeiro do Sul e Trindade), exceto nas ETEs Guapó e Lages, onde foram notados melhores sistemas de tratamento do efluente e menor diferença em abundância geral entre montante e jusante (Figura 2). Ao contrário, as larvas de *Chironomus* se estabeleceram como o táxon mais dominante, pois é resistente a altas concentrações de detritos orgânicos (Callisto *et al.*, 1998) por apresentar grandes concentrações de hemoglobina com alto grau de polimorfismo e alta afinidade pelo oxigênio extracelular, o que lhes permite manter um metabolismo regular em concentrações baixas de oxigênio (Barbour *et al.*, 1996; Day *et al.*, 2006; Lee *et al.*, 2006). Isto comprova que o aporte de efluentes orgânicos tende a favorecer a eliminação de grupos sensíveis (como alguns táxons das ordens Ephemeroptera, Plecopetra e Trichoptera) e o estabelecimento de grupos tolerantes, justamente porque estes últimos suportam tanto mudanças nas condições químicas da água quanto os estados de eutrofização resultante do enriquecimento por nutrientes (Ortiz *et al.*, 2005; Allan, 2004).

A baixa frequência de ocorrência de indivíduos de EPT em oposição à dominância de Chironomidae, juntamente com a modificação observada nas condições da água dos córregos após o despejo do efluente, confirmam que os trechos a jusante das ETEs tiveram a fauna local de insetos aquáticos comprometida. Em condições naturais, espera-se uma distribuição de Chironomidae diferente daquela esperada para os organismos de EPT, porque o primeiro apresenta peculiaridades biológicas que favorecem sua ampla distribuição geográfica e maiores valores de abundância em relação ao grupo EPT (Callisto *et al.*, 1998; Hepp & Santos, 2009). Porém, foi observado neste estudo que em alguns trechos a jusante das ETE, nenhum organismo de EPT foi encontrado, enquanto que em córregos em que houve pouca diferença entre a comunidade observada antes e após o despejo, os organismos de EPT foram registrados, indicando que nestes casos, o efeito negativo do despejo foi menor, provavelmente em

função de um tratamento mais eficiente dos resíduos (como foi o caso das ETEs Guapó e Lages).

As ordens Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera têm grande importância ecológica nos ecossistemas aquáticos, porque são consideradas sensíveis a perturbações ambientais devido à necessidade de um grande suprimento de oxigênio na água (Junqueira *et al.*, 2000; Bispo *et al.*, 2006) e por exibirem, naturalmente, menor abundância em ambientes sob interferência antrópica (Ortiz, 2005; Hepp & Santos, 2009; Shimano *et al.*, 2011). Estes fatores explicam seu uso na detecção de efeitos impactantes sobre o ambiente aquático natural (Rosenberg & Resh, 1993; Baptista *et al.*, 2007).

5.2. Riqueza e composição taxonômica

Embora tenham sido detectadas mudanças em abundância, não houve diferença no número de táxons registrados antes e após do despejo das ETEs, nem para aqueles identificados em nível de família ou gênero (Figura 6). Isto ocorreu devido à substituição de táxons, já que muitos deles que não estavam estabelecidos a montante do despejo das ETEs se estabeleceram a jusante, como as larvas de *Chironomus*, que foram amostradas a montante com apenas dois indivíduos na ETE Campos Dourados e dominou quase 50% da fauna a jusante. Da mesma forma, táxons que foram amostrados a montante, como *Caladomyia* e quase todos EPT, não se mantiveram após o despejo dos efluentes, exceto nas ETEs Guapó e Lages. Assim, embora a riqueza taxonômica seja considerada um indicador confiável de degradação ambiental, em que o número de táxons em locais poluídos tende a ser reduzido (Coimbra *et al.*, 1996), este indicador não é o mais adequado em casos em que ocorre substituição de táxons, como verificado neste estudo, podendo não alterar a riqueza da comunidade por mascarar os reais efeitos na modificação do habitat (Marchant, 2007).

A alteração de variáveis ambientais é frequentemente acompanhada por alteração na composição da entomofauna aquática (Harding *et al.*, 1999), especialmente para táxons de Chironomidae e EPT. Os táxons *Chironomus*, *Polypedilum* (*Polypedilum*) e *Cricotopus* foram táxons comuns em trechos a jusante de todas as ETEs que apresentaram maiores valores de condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e turbidez, excluindo apenas a ETE Guapó e Lages. Larvas de *Polypedilum*

(*Polypedilum*) e *Cricotopus* sp1 foram os únicos táxons considerados indicadores de ambiente de jusante de ETEs, segundo a análise INDVAL (Anexo III), confirmando os aspectos biológicos e ambientais que, juntos, acabam contribuindo para a ocorrência destes táxons em tais locais. Larvas como *Lopescladius* e *Caladomyia* foram amostrados apenas a montante (e a jusante das ETEs Guapó e Lages) onde foram registrados maiores valores de oxigênio dissolvido, velocidade da água e profundidade, porque estes organismos são característicos de águas mais oxigenadas (Helson *et al.*, 2006).

No entanto, a concentração de oxigênio dissolvido medida em campo nos trechos antes e após as ETEs é suficiente para manter qualquer tipo de vida na água, independentemente do impacto do efluente nestes ambientes. A entomofauna aquática de maneira geral é fisiologicamente afetada quando a concentração de oxigênio dissolvido na água é inferior à 4mg/L, devido às muitas adaptações morfo-fisiológicas, como a quantidade de hemoglobina presente do corpo da larva, como ocorre em Chironomidae. Assim, uma informação inferida pelos valores das variáveis ambientais não necessariamente reflete uma informação biológica coerente. É por esta razão que a avaliação da qualidade de água de um determinado ambiente aquático deve ser fundamentada em informações físicas, químicas e biológicas. A utilização de variáveis biológicas apresenta vantagens sobre as químicas, porque os organismos integram as condições ambientais durante longos períodos de tempo, enquanto que as químicas são, geralmente, mensuradas de forma instantânea na natureza, além de requererem um grande número de medições para uma avaliação mais precisa.

A ordenação produzida pela CCA com táxons de EPT (Figura 10) complementa as avaliações inferidas pela CCA com Chironomidae (Figura 9), evidenciando larvas mais sensíveis a montante, associados às variáveis ambientais que identificam uma melhor qualidade química da água. Assim, táxons mais sensíveis foram encontrados principalmente a montante das ETEs Guapó e Lages, que apresentaram melhores sistemas de tratamento dos efluentes e, portanto, possuíam maiores valores de velocidade da água e profundidade. Isto explica a similaridade taxonômica encontrada entre os trechos a montante e a jusante nestas ETEs (Figura 8). Alguns táxons como os efemerópteros *Farrodes* e *Tricorythodes* e os tricópteros *Alisotrichia* e *Mortoniella* foram registrados em maior abundância, especialmente a jusante da ETE Guapó, favorecidos também pela água bem oxigenada e pelo substrato formado principalmente por cascalhos e pedras (Salles, 2006; Molineri, 2002). A maior riqueza de táxons

presentes tanto a montante quanto a jusante ocorreu também na ETE Guapó. De novo, os táxons foram favorecidos pela maior concentração de oxigênio dissolvido nos trechos avaliados no Ribeirão dos Pereiras, receptor da ETE Guapó, que possuía também maiores valores de velocidade da água. Isto indica que embora a concentração de oxigênio dissolvido não pareça ter representado uma limitação fisiológica, a maior concentração desta variável certamente é favorável ao desenvolvimento de alguns grupos. A presença de *Anacronuria* (Perlidae, Plecoptera), registrado apenas a jusante da ETE Guapó, confirma este aspecto, já que este organismo é sensível a perturbações antrópicas (Compin & Céréghino, 2003). As mesmas observações valem para Lages, que também é eficiente em seu tratamento por apresentar condições físicas e químicas parecidas entre montante e jusante (Anexo II).

Embora a relação destes táxons com os locais amostrados não tenha sido significativa, eles são mais associados a locais mais bem preservados. O tipo de substrato presente no leito de um corpo aquático pode variar de forma temporal e espacial, especialmente no que se refere à sua estrutura física, composição orgânica, estabilidade e heterogeneidade. Poucas espécies se encontram restritas a um substrato específico (Ward, 1992), mas, provavelmente, a maioria apresenta preferência por um ou outro tipo de substrato. Bom, e aí? O substrato das ETEs parece ou pode variar. De qq forma, a observação do leito dos córregos amostrados sugere que haja ou não ocorre variação do substrato que era homogeneamente distribuídos de forma contínua além dos trechos amostrados.

Pode ser observado ainda que o distúrbio foi capaz de causar a homogeneização dos microhabitats, devido à redução da diversidade de habitat e do nicho potencial, com consequente alteração na composição de táxons e no funcionamento do ecossistema, considerando que, dependendo da frequência e da intensidade do distúrbio, a perda de grupos funcionais importantes é inevitável (Tavzes *et al.*, 2006). Isto pode ser observado na Figura 8, em que os pontos de jusante estão mais próximos entre si, diferentemente dos pontos a montante, que são mais dispersos evidenciando uma maior diversidade de táxons nestes trechos.

A ETE Guapó foi uma exceção, visto que seu trecho a jusante foi incluído ao grupo dos trechos a montante, devido à composição da entomofauna aquática e às características físicas e químicas da água serem próximas daquelas registradas nos trechos de montante (Figura 8). Isto refletiu a sobreposição na composição taxonômica entre os trechos a montante e a jusante que ocorreu na ETE Guapó e que foi observado

também para ETE Lages. Embora estas duas ETEs apresentem similaridades taxonômicas entre montante e seu respectivo trecho a jusante, a ETE Guapó foi a que apresentou o melhor sistema de tratamento de esgoto. Apesar de apresentar outras fontes de impacto nas margens do córrego, como a extração de areia, a vazão média do efluente final foi a menor quando comparada às demais ETEs, facilitando a diluição pelo próprio corpo aquático de forma que o efeito na comunidade pode ser minimizado.

O desenvolvimento de estudos ecológicos em áreas degradadas, tomando como referência áreas mais preservadas, é importante até mesmo para tentar compreender como estes ecossistemas poderiam se recuperar após um distúrbio. É importante destacar que impedir o funcionamento das ETEs não solucionaria os problemas causados pelos despejos de esgotos nos sistemas aquáticos naturais, porque uma provável retirada das Estações de Tratamento de Esgoto destes locais causaria a redução da diversidade taxonômica. O ideal seria o investimento em melhorias nos sistemas de captação e tratamento dos efluentes ou então aumentar a quantidade de ETEs, de forma que seja reduzida a quantidade de esgoto que chega a cada uma delas, objetivando diminuir a sua vazão de forma que o próprio corpo aquático consiga assimilar e diluir a demanda orgânica que recebe.

6. Conclusão

O lançamento de resíduos orgânicos pelas Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) modificou a estrutura da comunidade de insetos aquáticos, presentes nos córregos receptores a jusante das ETEs, aumentando a abundância, alterando dominância e causando substituição de táxons. Foi registrada diminuição de táxons sensíveis, organismos das ordens Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera, e o estabelecimento de táxons resistentes, como as larvas da família Chironomidae (*Chironomus*, *Cricotopus* e *Polypedilum* (*Polypedilum*); estes dois últimos foram considerados táxons indicadores de trechos de jusante).

O lançamento do efluente das ETEs causou a alteração da qualidade química da água e homogeneização ambiental. Isto acaba desencadeando uma substituição da comunidade com modificações na composição e na ordem de dominância taxonômica para grupos resistentes a distúrbios, como os representantes da família Chironomidae.

A ausência de organismos das ordens EPT sensíveis a montante das ETes, juntamente com a frequência e a intensidade destes distúrbios nestas mesmas áreas, reduzem a disponibilidade de se encontrar locais de referência (controle – ambientes sem degradação).

Embora a entomofauna aquática seja um bom indicador de qualidade ambiental, devido as suas respostas quando exposta a distúrbios, os melhores preditores de alteração nesta biota parecem ser abundância, ordem de dominância e composição de espécies, visto que ocorre substituição de táxons sob condições de *stress* ambiental, comprometendo comparações em nível de riqueza taxonômica.

7. Referências Bibliográficas

ALLAN, J.D. Landscapes and riverscapes: the influence of land use on stream ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, v. 35, p. 257-284, 2004.

AZRINA, M.Z.; YAP, C.K.; ISMAIL, A.R.; ISMAIL, A. & TAN, S.G. Anthropogenic impacts on the distribution and biodiversity of benthic macroinvertebrates and water quality of the Langat River, Peninsular Malaysia. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 64, p. 337-347, 2006.

BAPTISTA, D.F.; BUSS, D.F.; EGLER, M.; GIOVANELLI, A.; SILVEIRA, M.P. & NESSIMIAN, J.L. A multimetric index based on benthic macroinvertebrates for evaluation of Atlantic Forests streams at Rio de Janeiro, Brazil. *Hydrobiologia*, v. 575, p. 83-94, 2007.

BARBOUR, M.T.; GERRITSEN, J.; GRIFFITH, G.E.; FRYDENBORG, R.; MCCARRON, E.; WHITE, J.S. & BASTIAN, M.L. A framework for biological criteria for Florida streams using benthic macroinvertebrates. *J. N. Am. Benthol. Soc.*, v. 15, n. 2, p. 185-211, 1996.

BISPO, P.C. & OLIVEIRA, L.G. Diversity and structure of Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera (Isecta) assemblages from riffles in mountain streams of Central Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 24, n. 2, p. 283-293, 2007.

BISPO, P.C.; OLIVEIRA, L.G.; BINI, L.M. & SOUZA, K.G. Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera assemblages from riffles in mountain streams of Central Brazil: environmental factors influencing the distribution and abundance of immatures. *Braz. J. Biol.*, v. 66, n. 2B, p. 611-622, 2006.

BISPO, P.C.; OLIVEIRA, L.G.; CRESCI, V.L. & SILVA, M.M. A pluviosidade como fator de alteração da entomofauna bentônica em córregos do Planalto Central do Brasil. *Acta Limnologica Brasiliensis*, v. 13, n. 2, p. 01-09, 2001.

BONADA, N.; PRAT, N.; RESH, V.H. & STATZNER, B. Developments in Aquatic Insect Biomonitoring: a comparative analysis of recent approaches. *Annu. Rev. Entomol.*, v. 51, p. 495-523, 2006.

CALLISTO, M.; ESTEVES, F.A.; GONÇALVES, J.F.JR. & FONSECA, J.J.L. Impact of bauxite tailing on the distribution of benthic macrofauna in a small river (“igarapé”) in Central Amazonia, Brazil. *Journal of the Kansas Entomological Society*, v. 71, n. 4, p. 447-455, 1998.

CALLISTO, M.; MARQUES, M.M. & BARBOSA, F.A.R. Deformities in larval *Chironomus* (Diptera, Chironomidae) from the Piracicaba River, southeast Brazil. *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung fuer Theoretische und Angewandte Limnologie*, v. 27, p. 2699-2702, 2000.

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.

COIMBRA, C.N.; GRAÇA, M.A.S. & CORTES, R.M. The effects of a basic effluent on macroinvertebrate community structure in a temporary Mediterranean river. *Environmental Pollution*, v. 94, n. 3, p. 301-307, 1996.

COMPIN, A. & CÉRÉGHINO, R. Sensitivity of aquatic insect species richness to disturbance in the Adour-Garone stream system (France). *Ecological Indicator*, v. 3, p. 135- 142, 2003.

CORTEZZI, S.S.; BISPO, P.C.; PACIENCIA, G.P. & LEITE, R. C. 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, Ser. Zool.*, v. 99, n. 1, p. 36-43, 2009.

CRANSTON, P.S. *Electronic guide to the Chironomidae of Australia*, 2000. Disponível em: <<http://www.science.uts.edu.au/sasb/chiropage>>. Acesso em: 16 de set. 2010.

DAY, J.W.; WESTPHAL, R.P.A.; HYFIELD, E.; RYBCZYK, J.; KEMP, G.P.; DAY, J.N. & MARX, B. Effects of long-term municipal effluent discharge on the nutrient dynamics, productivity, and benthic community structure of a tidal freshwater forested wetland in Louisiana. *Ecological Engineering*, v. 27, p. 242-257, 2006.

DINIZ-FILHO, J.A.F.; OLIVEIRA, L.G. & SILVA, M.M. Explaining the beta diversity of aquatic insects in Cerrado streams from central Brazil using multiple Mantel Test. *Rev. Bras. Biol.*, v. 58, p. 223-231, 1998.

DUFRENE, M. & LEGENDRE, P. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs*, v. 67, n. 3, p. 345-366, 1997.

EPLER, J.H. *Identification manual for the larval Chironomidae (Diptera) of North and South Carolina*. A guide to the taxonomy of the midges of the southeastern United States, including Florida. North Carolina Department of Environment and Natural Resources, Raleigh, NC and St. Johns River Water Management District, Palatka, FL, 2001.

- FRANQUET, E. Chironomid assemblage of a Lower-Rhône dike field: relationships between substratum and biodiversity. *Hydrobiologia*, v. 397, p. 121-131, 1999.
- GALDEAN, N.; CALLISTO, M. & BARBOSA, F.A.R. Biodiversity assessment of benthic macroinvertebrates in altitudinal lotic ecosystems of Serra do Cipó (MG, Brazil). *Rev. Bras. Biol.*, v. 61, n. 2, p. 239-248, 2001.
- GASITH, A. & RESH, V.H. Streams in Mediterranean climate regions: abiotic influences and biotic responses to predictable seasonal events. *Annual Reviews of Ecology and Systematics*, v. 30, p. 51-81, 1999.
- HARDING, J.S.; YOUNG, R.G.; HAYES, J.W.; SHEARER, K.A. & STARK, J.D. Changes in agricultural intensity and river health along a river continuum. *Freshwater Biology*, v. 42, p. 345-357, 1999.
- HELSON, J.E.; WILLIAMS, D.D. & TURNER, D. Larval chironomid community organization in four tropical rivers: human impacts and longitudinal zonation. *Hydrobiologia*, v. 559, p. 413-431, 2006.
- HEPP, L.U. & SANTOS, S. Benthic communities of streams related to different land uses in a hydrographic basin in southern Brazil. *Environ. Monit. Assess.*, v. 157, p. 305-318, 2009.
- HUSTON, M.A. *Biological Diversity: the coexistence of species on changing landscapes*. United Kingdom: Cambridge University Press, 1994.
- JUNQUEIRA, M.V.; AMARANTE, M.C.; DIAS, C.F.S. & FRANÇA, E.S. Biomonitoramento da qualidade da água da bacia do Alto Rio das Velhas (MG/Brasil) através de macroinvertebrados. *Acta Limnol. Bras.*, v. 12, p. 73-87, 2000.
- KIKUCHI, R.M. & UIEDA, V.S. Composição das comunidades de invertebrados em um ambiente lótico tropical e sua variação espacial e temporal. In: NESSIMIAN, J.L. & CARVALHO, A.L. (Org.) *Ecologia de insetos aquáticos*. Séries Oecologia Brasilienses. PPGE – UFRJ/RJ, v.5, p.157-173, 1998.
- KLEINE, P. & TRIVINHO-STRIXINO, S. Chironomidae and other aquatic macroinvertebrates of a first stream: community response after habitat fragmentation. *Acta Limnologica Brasiliensis*, v. 17, n.1, p. 81-90, 2005.
- KOETSIER, P. Short term benthic colonization dynamics in an agricultural stream recovering from slaughterhouse effluents. *Journal of the American Water Resources Association*, v. 38, n. 5, p. 1409-1422, 2002.
- LANGFORD, T.E.L.; SHAW, P.J.; FERGUSON, A.J.D. & HOWARD, S.R. Long-term recovery of macroinvertebrate biota in grossly polluted streams: re-colonization as a constraint to ecological quality. *Ecological Indicators*, v. 9, p. 1064-1077, 2009.
- LEE, S.M.; LEE, S.B.; PARK, C.H. & CHOI, J. Expression of heat shock protein and hemoglobin genes in *Chironomus tetans* (Diptera, Chironomidae) larvae exposed to various environmental pollutants: a potential biomarker of freshwater monitoring. *Chemosphere*, v. 65, p. 1074-1081, 2006.

- LEGENDRE, P. & LEGENDRE, L. *Numerical Ecology*. 2nd English edn. Amsterdam: Elsevier, 1998.
- MAGURRAN, A.E. *Measuring biological diversity*. Blackwell Publishing, 2003.
- MARCHANT, R. How important are rare species in aquatic community ecology and bioassessment? A comment on the conclusions of Cao et al. *Limnology and Oceanography*, v. 44, p. 1840-1841, 1999.
- MARCHANT, R. The use of taxonomic distinctness to assess environmental disturbance of insect communities from running water. *Freshwater Biology*, v. 52, p. 1634-1645, 2007.
- MATTHAEI, C.D.; UEHLINGER, U.; MEYER, E.I. & FRUTIGER, A. Recolonization by benthic invertebrates after experimental disturbance in a Swiss prealpine river. *Freshwater Biology*, v. 35, p. 233-248, 1996.
- MELO, A.S. & FROEHLICH, C.G. Colonization by macroinvertebrates of experimentally disturbed stones in three tropical streams differing in size. *Internat. Rev. Hydrobiol.*, v. 89, n. 3, p. 317-325, 2004.
- MERRITT, R.W. & CUMMINS, K.W. *An introduction to the aquatic insects of North America*. 3 ed. Dordrecht: Kendall & Hunt, 1996.
- MOLINERI, C. Cladistics analysis of the South American species of *Tricorythodes* (Ephemeroptera: Leptohyphidae) with the description of new species and stages. *Aquatic Insects*, v. 24, n. 4, p. 273-308, 2002.
- MORENO, J.L.; NAVARRO, C. & DE LAS HERAS, J. Abiotic ecotypes in south-central Spanish Rivers: reference conditions and pollution. *Environmental Pollution*, v. 143, p. 388-396, 2006.
- OLIFIERS, M.H.; DORVILLÉ, L.F.M.; NESSIMIAN, J.L. & HAMADA, N. A key to Brazilian genera of Plecoptera (Insecta) based on nymphs. *Zootaxa*, v. 650, p. 1-15, 2004.
- ORTIZ, J.D., MARTÍ, E. & PUIG, M.A. Recovery of the macroinvertebrates community below a wastewater treatment plant input in a Mediterranean stream. *Hydrobiologia*, v. 545, p. 289-302, 2005.
- PAUL, M.J. & MEYER, J.L. Streams in the urban landscape. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, v. 32, p. 333-65, 2001.
- PES, A.M.O.; HAMADA, N. & NESSIMIAN, J.L. Chaves de identificação de larvas para família e gêneros de Trichoptera (Insecta) da Amazônia Central, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*, v. 49, n. 2, p. 181-204, 2005.
- PICKETT, S.T.A.; KOLASA, J.; ARMESTO, J.J. & COLLINS, S.L. The ecological concept of disturbance and its expression at various hierarchical levels. *Oikos*, v. 54, p. 129-136, 1989.

POMPEU, P.S; ALVES, C.B.M.. & CALLISTO, M. The effects of urbanization on biodiversity and water quality in the Rio das Velhas Basin, Brazil. *American Fisheries Society Symposium*, v. 47, p. 11-22, 2005.

R Development Core Team (2011) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: 03 de jan. 2011.

RESH, V.H.; BROWN, A.V.; COVICH, A.P.; GURTZ, M.E.; LI, H.W.; MINSHALL, G.W.; REICE, S.R.; SHELDON, A.L.; WALLACE, J.B. & WISSMAR, R.C. The role of disturbance in stream ecology. *Journal North American Benthological Society*, v. 7, p. 433-455, 1988.

ROSENBERG, D.M. & RESH, V.H. *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. New York: Chapman & Hall, 1993.

ROSENBERG, D.M. Freshwater biomonitoring and Chironomidae (In: Proceedings of 11th International Symposium on Chironomidae, Amsterdam, 1991, Eds: van de BUND, W.J. & KRAAK, M.H.S.), *Neth. J. Aquat. Ecol.*, v. 26, p. 101-122, 1992.

SALLES, F.F. *A ordem Ephemeroptera no Brasil (Insecta): Taxonomia e Diversidade*. 300 f. Tese (Doutorado em Entomologia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

SANEAMENTO BÁSICO S/A. *Página institucional da SANEAGO*. Goiânia: SANEAGO, 2010. Disponível em: <<http://www.saneago.com.br>>. Acesso em: 05 de jun. 2010.

SANSEVERINO, A.M. & NESSIMIAN, J.L. Assimetria flutuante em organismos aquáticos e sua aplicação para avaliação de impactos ambientais. *Oecol. Bras.*, v. 12, n. 3, p. 382-405, 2008.

SASAKI, T.; OKUBO, S.; OKAYASU, T.; JAMSRAN, U.; OHKURO, T. & TAKEUCHI, K. Management applicability of the intermediate disturbance hypothesis across Mongolian rangeland ecosystem. *Ecological Applications*, v. 19, n. 2, p. 423-432, 2009.

SHIMANO, Y; CABETTE, H.S.R.; SALLES, F.F. & JUEN, L. Composição e distribuição da fauna de Ephemeroptera (Insecta) em área de transição Cerrado-Amazônia, Brasil. *Iheringia, Ser. Zool.*, Porto Alegre, v. 100, n. 4, p.1-3, 2011.

SMITH, J.G. Recovery of the benthic macroinvertebrate community in a small stream after long-term discharges of fly ash. *Environmental Management*, v. 32, n. 1, p. 77-92, 2003.

SOUSA, W.P. 1979a. Experimental investigations of disturbance and ecological succession in a rocky intertidal algal community. *Ecological Monographs*, v. 49, n. 3, p. 227-254.

SOUSA, W.P. 1979b. Disturbance in marine intertidal boulder fields: the nonequilibrium maintenance of species diversity. *Ecology*, v. 60, n. 6, p. 1225-1239.

SOUSA, W.P. 1984. The role of disturbance in natural communities. *Annual Reviews of Ecology and Systematics*, v. 15, p. 353-391.

TAVZES, B.; URBANIC, G. & TOMAN, M.J. Biological and hydromorphological integrity of the small urban stream. *Physics and Chemistry of the Earth*, v. 31, p. 1062-1074, 2006.

TER BRAAK, C.J.F. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, v. 67, n. 5, p. 1167-1179, 1986.

TOWNSEND, C.R. The patch dynamics concept of stream community ecology. *Journal of the North American Benthological Society*, v. 8, n. 1, p. 36-50, 1989.

TOWNSEND, C.R.; SCARSBROOK, M.R. & DOLEDEC, S. The intermediate disturbance hypothesis, refugia, and biodiversity in streams. *Limnol. Oceanogr.*, v. 42, p. 938-949, 1997.

TRIVINHO-STRIXINO, S. & STRIXINO, G. *Larvas de Chironomidae (Diptera) do Estado de São Paulo: guia de identificação de diagnoses dos gêneros*. São Paulo: PPG-ERN/UFSCar, 1995.

WARD, J. V. *Aquatic insects ecology: Biology and habitat*. New York: John Wiley & Sons, 1992.

WHITE, P.S. & JENTSCH, A. Disturbance, succession, and community assembly in terrestrial plant communities. In: TEMPERTON, V.M.; HOBBS, R.J.; NUTTLE, T. & HALLE, S. (Org.) *Assembly Rules and Restoration Ecology: bridging the gap between theory and practice*. Washington: Island Press, 2004, cap. 17, p. 342-366.

WIEDERHOLM, T. Chironomidae of the Holarctic region. Keys and diagnoses: part 1. Larvae. *Entomol. Scand. Suppl.*, v. 19, n.1, p. 1-457, 1983.

WIGGINS, G.B. *Larvae of the North American caddisfly genera (Trichoptera)*. Toronto: University of Toronto Press, 1977.

ANEXOS

Anexo I: Abundância total (N), frequência de ocorrência (%), riqueza dos táxons (S) e riqueza rarefeita registrados em cada uma das cinco Estações de Tratamento de Esgoto - ETEs (L: Lages; G: Guapó; T: Trindade; CS: Cruzeiro do Sul; CD: Campos Dourados)

TÁXONS	MONTANTE							JUSANTE						
	L	G	T	CS	CD	N total	%	L	G	T	CS	CD	N total	%
Ordem Coleoptera														
Dytiscidae	2					2	0,046							
Elmidae	9	469			61	539	12,477	39	494				533	2,356
Gyrinidae				1		1	0,023	1					1	0,004
Hydrophilidae										16	3	1	20	0,088
Ordem Collembola	2	1	1		3	7	0,162		1			5	6	0,027
Ordem Diptera				5		5	0,116							
Ceratopogonidae	8	11	4		84	107	2,477	36	3	9	6	8	62	0,274
Chironomidae				8		8	0,185							
Chironominae														
Chironomini														
<i>Apedilum</i>	2					2	0,046	1					1	0,004
<i>Chironomus</i>					1	1	0,023	60		1.112	1.224	7.268	9.664	42,719
<i>Chironomus inquinatus</i>										19			19	0,084
<i>Cladopelma</i>				1		1	0,023							
Complexo Harnischia				1		1	0,023							
<i>Cryptochironomus</i>	20	7	1			28	0,648	3			1		4	0,018
<i>Cryptochironomus brasiliensis</i>	1	6		1		8	0,185	3	12				15	0,066
<i>Cryptochironomus</i>														
<i>Reshchicovi</i>								18					18	0,080
<i>Pelomus</i>	1					1	0,023							
<i>Saetheria sp1 (?)</i>	37	16	4			57	1,319	123	4		1		128	0,566
<i>Saetheria sp2 (?)</i>	2					2	0,046							
<i>Endotribelos sp1</i>											3	93	96	0,424

<i>Endotribelos sp2</i>											9	40	49	0,217
<i>Goeldichironomus</i>	5					5	0,116	271	5	258	3		537	2,374
<i>Goeldichironomus holoprasinus</i>								37					37	0,164
<i>Goeldichironomus luridus</i>								27	5	18			50	0,221
<i>Goeldichironomus c.f. luridus</i>										3			3	0,013
<i>Goeldichironomus xiborena</i>	1					1	0,023							
<i>Nilothauma</i>								1					1	0,004
<i>Parachironomus</i>								2					2	0,009
<i>Parachironomus cayapo</i>								1		20		41	62	0,274
<i>Parachironomus c.f. cayapo</i>										20		93	113	0,500
<i>Paratendipes</i>	1					1	0,023							
<i>Polypedilum (Polypedilum)</i>	48				8	56	1,296	862	27	1	60	887	1.837	8,120
<i>Polypedilum (Tripodura)</i>	6	19	79	59	12	175	4,051	225		226		42	493	2,179
<i>Polypedilum gr. fallax</i>				1	4	5	0,116				6	3	9	0,040
<i>Stenochironomus</i>								3					3	0,013
Tanytarsini														
<i>Caladomyia</i>	37	394	184		2	617	14,282	315	119				434	1,918
<i>Caladomyia ortonii</i>									5				5	0,022
<i>Cladotanytarsus (?)</i>	3	4				7	0,162	2					2	0,009
<i>Rheotanytarsus</i>	22	2	6		117	147	3,403	74		224	9	58	365	1,613
<i>Stempellina</i>	2	1		23	2	28	0,648	8					8	0,035
<i>Tanytarsus sp1</i>	1	22	1		8	32	0,741	1	6		5		12	0,053
<i>Tanytarsus sp2</i>				1		1	0,023		1				1	0,004
Orthoclaadiinae N.I.														
<i>Corynoneura</i>	31	2			8	41	0,949	63	3		2		68	0,301
<i>Cricotopus sp1</i>	23	62	14	3	15	117	2,708	86	220	66	2.263	107	2.742	12,121
<i>Cricotopus sp2</i>	2			155		157	3,634	11	1	1	2.736	1	2.750	12,156
<i>Lopescladius</i>	114	36	15	4		169	3,912	138	11				149	0,659
<i>Nanocladius</i>				1		1	0,023	3	1				4	0,018
<i>Onconeura sp1</i>	8	9			31	48	1,111	69	10	8		5	92	0,407
<i>Onconeura sp2</i>				2		2	0,046							
<i>Parametriocnemus</i>					41	41	0,949							
<i>Thienemaniella</i>	14	1	4			19	0,440	348	17				365	1,613

<i>Ubatubaneura</i>			1		1	0,023								
Tanypodinae										2		2	0,009	
<i>Ablabesmyia</i>												38	0,168	
<i>Ablabesmyia (Karelia)</i>		17			17	0,394			20			20	0,088	
<i>Fittkauimyia</i>			1		1	0,023	1			1		2	0,009	
<i>Larsia</i>		4	1	4	9	0,208	3	2			3	8	0,035	
<i>Monopelopia</i>				6	6	0,139				1		1	0,004	
<i>Nilotanypus</i>								4				4	0,018	
<i>Parapentaneura</i>	2		1		3	0,069					3	3	0,013	
<i>Pentaneura</i>	1	2		2	5	0,116	16	4		2		22	0,097	
<i>Thienemannimyia gr. (?)</i>		4	41	15	60	1,389	7	18	450			475	2,100	
Dixidae				1	1	0,023	4					4	0,018	
Empididae	21	4		1	52	1,806	47	4				51	0,225	
Ephydriidae				20	20	0,463								
Psychodidae										1	2	3	0,013	
Simuliidae	48	3		555	606	14,028	30	73	2	13	8	126	0,557	
Stratiomyidae				27	27	0,625								
Tipulidae		4	1		5	0,116		2				2	0,009	
Ordem Ephemeroptera														
Baetidae N.I	129	57		1	187	4,329	187	148		2		337	1,490	
<i>Baetodes</i>	5			81	86	1,991	6	46				52	0,230	
<i>Camelobaetidius</i>	3	2			5	0,116	1	2				3	0,013	
Leptophlebiidae N.I.	1	39			40	0,926	3	75				78	0,345	
<i>Farrodes</i>	10	55		1	66	1,528	4	155				159	0,703	
<i>Hydrosmilodon</i>								1				1	0,004	
<i>Leentvaaria</i>		4			4	0,093		11				11	0,049	
<i>Traverella</i>								1				1	0,004	
Leptohyphidae N.I.		73	7		80	1,852	1	53				54	0,239	
<i>Tricorythodes</i>	5	85	2		92	2,130	2	90				92	0,407	
<i>Tricorythopsis</i>		52		9	61	1,412		13				13	0,057	
Ordem Hemiptera	8	31		5	44	1,019	14	20	2			36	0,159	
Ordem Megaloptera														
Corydalidae	1	1			2	0,046		1				1	0,004	

Ordem Odonata N.I.		1			3	4	0,093	7	3		2	12	0,053
Calopterygidae	4			1		5	0,116						
Coenagrionidae				1	1	2	0,046	1				1	0,004
Gomphidae			3	4		7	0,162		1	1		2	0,009
Libellulidae	4	5		5	3	17	0,394	1	4			5	0,022
Ordem Plecoptera													
Perlidae													
<i>Anacroneuria</i>									1			1	0,004
Ordem Trichoptera													
Glossosomatidae N.I.	1					1	0,023	3	4			7	0,031
<i>Mortoniella</i>	3	34				37	0,856	3	30			33	0,146
Hidroptilidae N.I.			7			7	0,162						
<i>Alisotrichia</i>	1	2	1			4	0,093	4	78			82	0,362
<i>Aff. Alisotrichia</i>	2			3		5	0,116						
<i>Neotrichia</i>	3	9			6	18	0,417	6	27			33	0,146
<i>Neotrichia (?)</i>		3		1		4	0,093						
<i>Ochrotrichia</i>		3		1		4	0,093						
<i>Oxyethira</i>									3			3	0,013
Hydropsychidae N.I.									10			10	0,044
<i>Leptonema</i>		1	4		25	30	0,694		3			3	0,013
<i>Smicridea</i>	2	4	4	12	151	173	4,005	9	6	2	1	18	0,080
Leptoceridae N.I.								1				1	0,004
<i>Nectopsyche</i>		1				1	0,023						
Philopotamidae													
<i>Chimarra</i>	1	7		46		54	1,25		42		1	43	0,190
Xiphocentronidae													
<i>Xiphocentron</i>		1				1	0,023		9			9	0,040
TOTAL	657	1.577	379	503	1.204	4.320		3.192	1.947	2.457	6.355	8.671	22.622
S família	16	17	7	15	11	53		16	18	6	7	6	52
S gênero (observada)	32	32	17	23	16	25		34	36	9	15	16	24
S rarefeita	31	26	17	21	15			21	36	9	15	16	

Anexo II: Caracterização ambiental e física dos córregos receptores dos efluentes liberados pelas cinco Estações de Tratamento de Esgoto amostradas no Estado de Goiás. (Cond.= condutividade elétrica; Turb.= turbidez; DO= oxigênio dissolvido; T= temperatura; TDS= sólidos totais dissolvidos; Veloc.= velocidade média; os maiores valores registrados para cada variável estão em negrito)

	ETE	Córregos	Cond. (mS/m)	Turb. (NTU)	DO (g/L)	T (°C)	TDS (g/L)	Veloc. (m/s)	Vazão (m ³ /s)	Prof. (m)	Larg. (m)	Substrato	Vegetação
Campos ourados	MONTANTE	Rodeio	8,5	63	7,6	26,5	0,07	0,377	0,09	0,07	3,5	Pedras grandes, poucas folhas e lama.	Capim e pouca vegetação natural.
	JUSANTE		42,7	380	6,1	24,6	0,24	0,387	0,032	0,07	1,2	Pedras e cascalho fino, areia e folhas.	Capim e árvores de grande porte.
Cruzeiro do Sul	MONTANTE	Almeidas	11,7	94	8,0	28,6	0,08	0,322	0,097	0,13	2,4	Pedregoso e arenoso, com poucas folhas.	Bambu e capim.
	JUSANTE		49,4	460	6,9	30	0,32	0,236	0,124	0,14	3,8	Arenoso, com poucas pedras e lama.	Capim.
Guapó	MONTANTE	Pereiras	3,9	360	12,5	27,2	0,02	0,843	0,928	0,17	6,1	Arenoso e pedregoso.	Gramíneas, com poucos arbustos.
	JUSANTE		4,4	440	11,8	25,9	0,03	0,885	1,503	0,19	9,5	Pedregoso e arenoso.	Gramíneas.
Lages	MONTANTE	Lages	5,3	32	8,0	26,9	0,03	0,449	0,897	0,22	9,0	Pedregoso e arenoso, com poucas folhas.	Capim. Poucas árvores de pequeno porte.
	JUSANTE		9,2	0	8,6	24,5	0,06	0,34	0,689	0,22	9,13	Pedregoso e arenoso, poucas folhas e algas.	Capim.
Trindade	MONTANTE	Barro Preto	9,0	230	9,6	30,8	0,06	0,295	0,122	0,13	2,6	Arenoso, com presença de algas.	Capim, gramíneas e poucos arbustos.
	JUSANTE		31,6	50	8,1	25,5	0,21	0,578	0,654	0,15	3,23	Arenoso, com poucos cascalhos finos.	Capim (gramíneas) e cana-de-açúcar.

Anexo III: Valores obtidos através do teste “Indicators Species Analysis” (INDVAL), sugerindo espécies indicadoras amostradas nos trechos de montante e jusante das Estações de Tratamento de Esgoto. Valor de p de Monte Carlo, com 4.999 permutações. (em negrito estão os valores significativos de p; $p \leq 0,05$)

Táxons	Valor da indicação observado (INDVAL)	Média	Desvio padrão	p	Local
<i>Apedilum</i>	13,3	25,3	13,26	1	Montante
<i>Cladopelma</i>	20	20	0,28	1	Montante
<i>Harnischia</i>	20	20	0,28	1	Montante
<i>Crypthochironomus</i>	39,5	52,3	14,27	0,820	Montante
<i>Pelomus</i>	20	20	0,28	1	Montante
<i>Saetheria</i> sp.2(?)	20	20	0,28	1	Montante
<i>Paratendipes</i>	20	20	0,28	1	Montante
<i>Caladomyia</i>	46,7	47,6	15,03	0,487	Montante
<i>Cladotanytarsus</i> (?)	31,1	31,9	12,62	0,444	Montante
<i>Stempellina</i>	62,2	46,2	16,25	0,165	Montante
<i>Tanytarsus</i> sp.1	58,2	55,2	15,14	0,430	Montante
<i>Tanytarsus</i> sp.2	10	23,2	14,89	1	Montante
<i>Lopescladius</i>	42,5	48,8	16,36	0,589	Montante
<i>Onconeura</i> sp.2	20	20	0,28	1	Montante
<i>Parametriocnemus</i>	20	20	0,28	1	Montante
<i>Thienemaniella</i>	38	52,7	15,99	0,722	Montante
<i>Ubatubaneura</i>	20	20	0,28	1	Montante
<i>Larsia</i>	31,8	45,6	13,59	1	Montante
<i>Monopelopia</i>	17,1	27,3	11,36	1	Montante
<i>Parapentaneura</i>	20	32,3	13,54	1	Montante
<i>Baetodes</i>	24,9	39	15,75	0,884	Montante
<i>Camelobaetidius</i>	25	35,9	14,97	0,828	Montante
<i>Tricorythodes</i>	30	44,7	17,38	0,919	Montante
<i>Tricorythopsis</i>	33	32,8	14,82	0,724	Montante
<i>Mortoniella</i>	21,1	37,5	16,37	1	Montante
Aff. <i>Alisotrichia</i>	40	24,5	13,92	0,447	Montante
<i>Neotrichia</i> (?)	40	26	12,41	0,439	Montante

<i>Ochrotrichia</i>	40	26	12,41	0,439	Montante
<i>Leptonema</i>	54,5	41,1	15,92	0,274	Montante
<i>Smicridea</i>	90,6	80,5	10,3	0,2	Montante
<i>Nectopsyche</i>	20	20	0,28	1	Montante
<i>Chimarra</i>	33,4	44,3	16,75	0,676	Montante
<i>Chironomus</i>	80	48,7	16,39	0,047	Jusante
<i>Saetheria</i> sp.1(?)	41,5	53,4	16,91	0,833	Jusante
<i>Endotribelos</i> sp.1	40	28,4	10,24	0,439	Jusante
<i>Endotribelos</i> sp.2	40	26,7	11,75	0,439	Jusante
<i>Goeldichironomus</i>	79,2	44,7	17,72	0,083	Jusante
<i>Nilothauma</i>	20	20	0,28	1	Jusante
<i>Parachironomus</i>	60	33,7	14,76	0,162	Jusante
<i>Polypedilum</i>	97	56,4	18,74	0,041	Jusante
(<i>Polypedilum</i>)					
<i>Polypedilum</i>	44,3	57,1	14,33	0,767	Jusante
(<i>Tripodura</i>)					
<i>Polypedilum</i> gr.	25,7	36,8	14,62	0,838	Jusante
<i>fallax</i>					
<i>Stenochironomus</i>	20	20	0,28	1	Jusante
<i>Rheotanytarsus</i>	57	58,6	14,25	0,481	Jusante
<i>Corynoneura</i>	37,4	51,5	16,95	0,787	Jusante
<i>Cricotopus</i> sp.1	95,9	88,4	3,77	0,007	Jusante
<i>Cricotopus</i> sp.2	94,6	71,1	15,08	0,109	Jusante
<i>Onconeura</i> sp.1	52,6	54,2	15,32	0,512	Jusante
<i>Ablabesmyia</i>	20	20	0,28	1	Jusante
<i>Ablabesmyia</i>	10,8	23,9	14,52	1	Jusante
(<i>Karelia</i>)					
<i>Fittkauimyia</i>	26,7	32,5	12,64	1	Jusante
<i>Nilotanypus</i>	20	20	0,28	1	Jusante
<i>Pentaneura</i>	48,9	50,9	15,84	0,488	Jusante
<i>Thienemannimyia</i>	53,3	59,3	16,08	0,638	Jusante
gr. (?)					
<i>Farrodes</i>	28,3	47,1	16,52	0,889	Jusante

<i>Hydrosmilodon</i>	20	20	0,28	1	Jusante
<i>Leentvaaria</i>	14,7	26	12,61	1	Jusante
<i>Traverella</i>	20	20	0,28	1	Jusante
<i>Anacroneuria</i>	20	20	0,28	1	Jusante
<i>Alisotrichia</i>	38,1	52,8	15,95	0,718	Jusante
<i>Neotrichia</i>	25,9	43,7	15,65	0,923	Jusante
<i>Oxyethira</i>	20	20	0,28	1	Jusante
<i>Xiphocentron</i>	18	27,9	10,95	1	Jusante

Anexo IV: Legenda dos nomes dos táxons de Chironomidae apresentados na Análise de Correspondência Canônica (CCA) da figura 9.

Táxons	
Aped	<i>Apedilum</i>
Chiron	<i>Chironomus</i>
Cladop	<i>Cladopelma</i>
Harnisch	Complexo Harnischia
Crypthoc	<i>Cryptochironomus</i>
Saeth1(?)	<i>Saetheria</i> sp1 (?)
Saeth2(?)	<i>Saetheria</i> sp2 (?)
Endot1	<i>Endotribelos</i> sp1
Endot2	<i>Endotribelos</i> sp2
Goeldic	<i>Goeldichironomus</i>
Niloth	<i>Nilothauma</i>
Parach	<i>Parachironomus</i>
Paratend	<i>Paratendipes</i>
P(Polyped)	<i>Polypedilum</i> (<i>Polypedilum</i>)
P(Tripodura)	<i>Polypedilum</i> (<i>Tripodura</i>)
P. gr fallax	<i>Polypedilum</i> gr. <i>fallax</i>
Stenoch	<i>Stechironomus</i>
Caladom	<i>Caladomyia</i>
Cladotan	<i>Cladotanytarsus</i> (?)
Rheot	<i>Rheotanytarsus</i>
Stemp	<i>Stempellina</i>
Tanyt1	<i>Tanytarsus</i> sp1
Tanyt2	<i>Tanytarsus</i> sp2
Coryn	<i>Corynoneura</i>
Cricot1	<i>Cricotopus</i> sp1
Cricot2	<i>Cricotopus</i> sp2
Lopesc	<i>Lopescladius</i>
Nanocl	<i>Nanocladius</i>
Oncon1	<i>Onconeura</i> sp1
Oncon2	<i>Onconeura</i> sp2
Parametrioc	<i>Parametriocnemus</i>
Thienemaniella	<i>Thienemaniella</i>
Ubatub	<i>Ubatubaneura</i>
Ablabes	<i>Ablabesmyia</i>
A (Karelia)	<i>Ablabesmyia</i> (<i>Karelia</i>)
Fittkau	<i>Fittkauimyia</i>
Larsia	<i>Larsia</i>
Monopel	<i>Monopelopia</i>
Nilotany	<i>Nilotanypus</i>
Parapent	<i>Paratendipes</i>
Pentaneu	<i>Pentaneura</i>
Thienema	<i>Thienemannimyia</i> gr.(?)