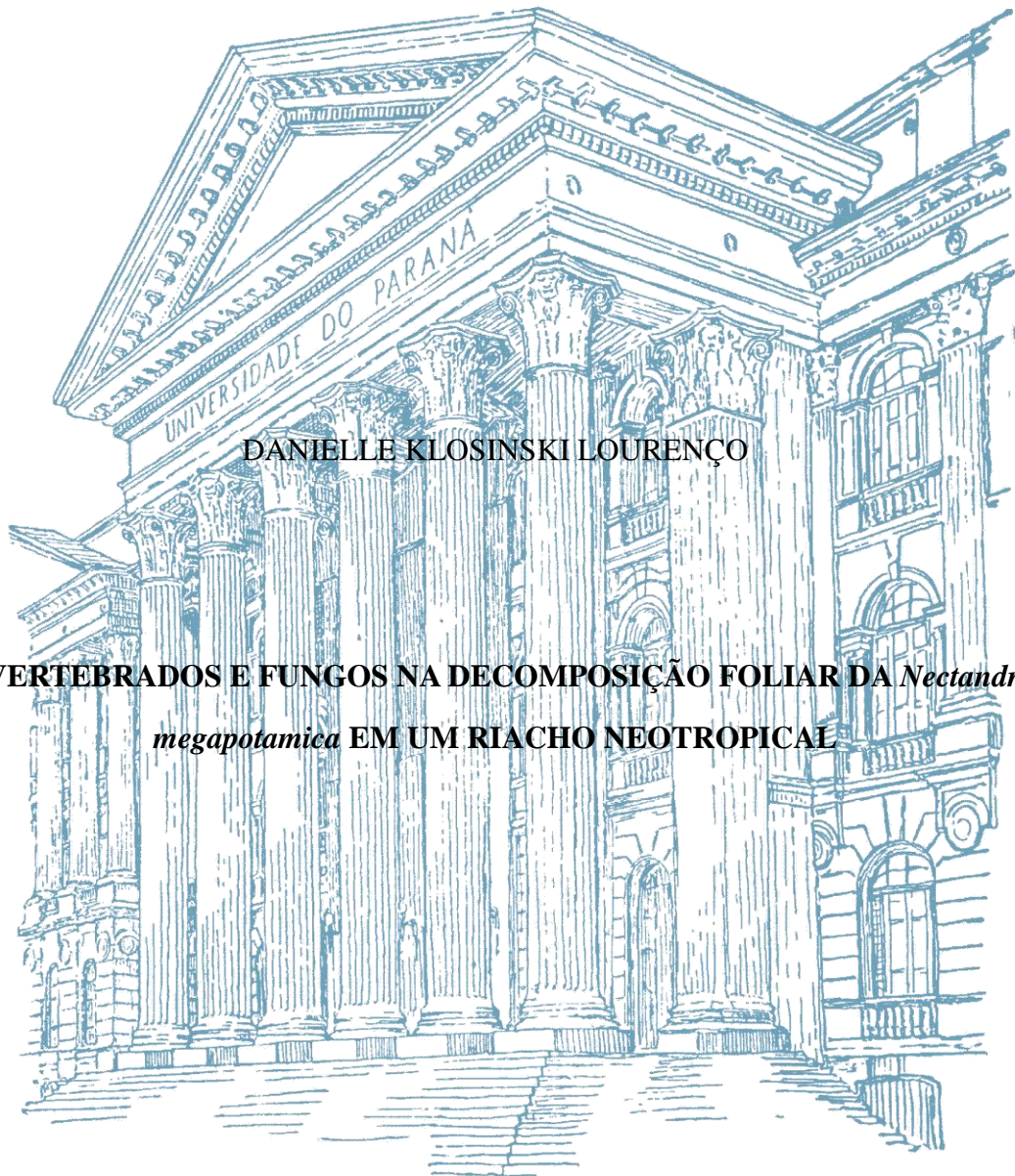


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

SETOR PALOTINA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E  
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL



DANIELLE KLOSINSKI LOURENÇO

**INVERTEBRADOS E FUNGOS NA DECOMPOSIÇÃO FOLIAR DA *Nectandra*  
*megapotamica* EM UM RIACHO NEOTROPICAL**

Palotina  
2016

DANIELLE KLOSINSKI LOURENÇO

**INVERTEBRADOS E FUNGOS NA DECOMPOSIÇÃO FOLIAR DA *Nectandra megapotamica* EM UM RIACHO NEOTROPICAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Desenvolvimento Sustentável do Setor Palotina, da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Aquicultura e Desenvolvimento Sustentável. Área de concentração: Impactos ambientais da atividade de Aquicultura.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Yara Moretto

Palotina

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

L892 Lourenço, Danielle Klosinski  
Invertebrados e fungos na decomposição foliar da  
*Nectandra megapotamica* em um riacho neotropical /  
Danielle Klosinski Lourenço . – Palotina, 2016.  
37f.

Orientadora: Yara Moretto  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do  
Paraná, Setor Palotina, Programa de Pós-Graduação em  
Aqüicultura e Desenvolvimento Sustentável.

1. Detrito. 2. Colonização 3. *Litter bags*.  
I. Moretto, Yara. II. Universidade Federal do Paraná.

CDU 502.131.1



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
Setor PALOTINA  
Programa de Pós Graduação em AQUICULTURA E DESENVOLVIMENTO  
SUSTENTÁVEL  
Código CAPES: 40001016078P2

### TERMO DE APROVAÇÃO

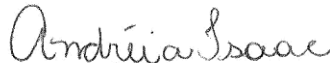
Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em AQUICULTURA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **DANIELLE KLOSINSKI LOURENÇO**, intitulada: "**INVERTEBRADOS E FUNGOS NA DECOMPOSIÇÃO FOLIAR DA *Nectandra megapotamica* EM UM RIACHO NEOTROPICAL**", após terem inquirido a aluna e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua Aprovação.

Palotina, 01 de Julho de 2016.



Prof YARA MORETTO

Presidente da Banca Examinadora (UFPR)



Prof ANDRÉIA ISAAC

Avaliador Interno (UFPR)



Prof GILZA MARIA DE SOUZA FRANCO

Avaliador Externo (UFFS)

## AGRADECIMENTOS

A todos os amigos, familiares que contribuíram de alguma forma para realização deste trabalho.

Um agradecimento especial a Michelle Klosinski Lourenço pelo auxílio na triagem do material e por estar sempre presente, incentivando a realização deste estudo.

A UFPR, setor Palotina, pela disponibilização da infraestrutura e logística para realização das coletas deste estudo.

Ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Desenvolvimento Sustentável pela oportunidade de concretizar esse estudo, pelo suporte oferecido por todo corpo docente e demais membros da equipe.

A Professora Adriana Medeiros e equipe (UFBA) pela realização das análises de esporulação e biomassa fúngica.

Ao Professor Luiz Hepp e equipe da URI pela coleta e envio das folhas de *Nectandra megapotamica* utilizadas neste trabalho.

Ao Professor José Francisco Gonçalves Junior e toda equipe da UNB pelas análises de ergosterol e biomassa fúngica.

A orientação da professora Yara Moretto a qual me acompanha desde a graduação e foi essencial para realização deste estudo.

Aos membros da banca, por aceitarem o convite para avaliação deste trabalho e por suas sugestões.

# INVERTEBRADOS E FUNGOS NA DECOMPOSIÇÃO FOLIAR DA *Nectandra megapotamica* EM UM RIACHO NEOTROPICAL

## RESUMO

A decomposição foliar é o principal processo gerador de nutrientes para a biota na maioria dos ecossistemas aquáticos, sendo caracterizada pelos processos de lixiviação, condicionamento e fragmentação da matéria orgânica. Este trabalho objetivou avaliar o processo de decomposição foliar da *Nectandra megapotamica*, através dos invertebrados bentônicos e fungos, e avaliar a importância destes organismos na ciclagem de nutrientes e manutenção de processos ecossistêmicos no ambiente aquático. Para isso, trabalhamos com a hipótese de que i) a densidade fúngica e de invertebrados aumentará nos primeiros 15 dias de decomposição; ii) a composição taxonômica e o grupo trófico funcional da comunidade de invertebrados se modificará ao longo dos três tempos amostrais; iii) os atributos de abundância, riqueza, diversidade e equitabilidade serão maiores no tempo intermediário (30 dias) de decomposição; iv) nos *litter bags* de malha grossa ocorrerá maiores valores de decomposição, além de elevada densidade fúngica e bentônica. Os invertebrados foram amostrados por meio de “*litter bags*” com malhas de 0,5 mm e 10 mm nos tempos de incubação de 15, 30 e 60 dias, no período de inverno (junho a agosto de 2014) no Parque Estadual São Camilo, em Palotina (Paraná). A contribuição dos fungos e invertebrados na decomposição foliar da *N. megapotamica*, ao longo do tempo de colonização do detrito, foi analisada através da taxa de decaimento foliar. Verificou-se que as malhas das “*litter bags*” atuaram apenas sobre a composição de invertebrados que tiveram acesso ao detrito foliar, mas não foram significativas para a decomposição. O tempo de exposição do detrito influenciou a decomposição, tendo aos 15 dias uma densidade fúngica elevada, a qual foi reduzida ao longo dos 30 e 60 dias de exposição. Por outro lado, a abundância de invertebrados aumentou no decorrer do tempo de exposição das folhas de *N. megapotamica* e não foi influenciada pelas malhas das *litter bags*. Chironomidae se estabeleceu como táxon dominante durante todo o período amostral, sendo importante para o processo de decomposição devido ao baixo número de fragmentadores registrados. Mesmo ao término dos 60 dias apenas 20% da matéria orgânica foi processada, podendo estar relacionada à composição química das folhas, as quais apresentavam um alto teor de lignina, bem como ao período de inverno. As folhas da *N. megapotamica* mesmo sendo pouco degradadas atraíram uma grande diversidade de organismos colonizadores, tendo em vista seu potencial na recuperação de áreas degradadas, esta espécie parece ser uma boa alternativa para ações de manejo em corpos aquáticos impactados.

**Palavras-chave:** *Litter bags*. Detrito. Colonização. *N. megapotamica*.

# INVERTEBRATES AND FUNGI IN THE BREAKDOWN LEAF LITTER OF *Nectandra megapotamica* IN NEOTROPICAL STREAM

## ABSTRACT

The leaf decomposition is the main process of nutrients for the biota in most aquatic ecosystems, being characterized by leaching processes, conditioning and fragmentation of organic matter. This study aimed to evaluate the leaf decomposition process of *Nectandra megapotamica* through the benthic invertebrates and fungi, and evaluate the importance of these organisms in nutrient cycling and maintenance of ecosystems process in the aquatic environment. For this purpose, we work with the hypothesis that i) the density of the fungal and invertebrates communities will increase in the first 15 days of the decomposition; ii) the taxonomic composition and functional trophic groups of invertebrate will be modified over the three sampling times; iii) the attributes of abundance, richness, diversity and evenness will be greater in the intermediate time (30 days) of decomposition; iv) in the *litter bags* of coarse mesh will occur higher values of decomposition, and high fungal and benthic density. Invertebrates were sampled by *litter bags* with meshes of 0,5 mm and 10 mm in incubation periods of 15, 30 and 60 days in the winter period (june to august, 2014) in the Parque Estadual São Camilo, at Palotina (Paraná). The contribution of fungi and invertebrates at leaf decomposition of *N. megapotamica* along the debris of the lag time was analyzed by foliar decayment rate. It was found that the mesh of the *litter bags* acted on the composition of invertebrate leaf that had access to debris, but were not significant for decomposition. The exposure time of the waste influence decomposition and at 15 days a high fungal density which was reduced over the 30 and 60 day exposure. The abundance of invertebrates unlike fungal density has increased during the exposure time of the leaves of *N. megapotamica* and was not influenced by the mesh of the *litter bags*. Chironomidae settled with dominant taxa throughout the sample period, which is important for the decomposition process due to the low number of registred shredders. Even at the end of 60 days only 20% the organic material has been processed and may be related to the chemical composition of the leaves, which have a high content of lignin and due to the winter period. The leaves of *N. megapotamica* even being slightly degraded attracted a wide range of colonizing organisms, in view of its potential in the recovery of degraded areas, it seems to be a good alternative for management actions in impacted water bodies.

**Keywords:** *Litter bags*. Detritus. Colonization. *N. megapotamica*.

Dissertação elaborada e formatada conforme as normas  
da publicação científica a ser submetida no periódico  
*Limnológica Elsevier*. Disponível em:  
<<http://www.elsevier.com/journals/limnologica/0075-9511>>



## SUMÁRIO

1.	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	10
2.	<b>METODOLOGIA</b> .....	12
2.1	ÁREA DE ESTUDO.....	12
2.2	AMOSTRAGEM DA COMUNIDADE BENTÔNICA.....	12
2.3	BIOMASSA FÚNGICA E DECOMPOSIÇÃO.....	13
2.4.	ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS.....	13
2.5.	TRATAMENTO DOS DADOS.....	14
2.5.1.	Decomposição foliar : Contribuição de fungos e invertebrados .....	14
2.5.2.	Decomposição foliar em função das malhas e tempos amostrais.....	14
2.5.3.	Estrutura da comunidade bentônica.....	14
3.	<b>RESULTADOS</b> .....	16
3.1	VARIÁVEIS ABIÓTICAS.....	16
3.2	CONTRIBUIÇÃO DOS FUNGOS E INVERTEBRADOS NA DE DECOMPOSIÇÃO FOLIAR DA <i>Nectandra megapotamica</i> .....	16
3.3	DECOMPOSIÇÃO FOLIAR DA <i>Nectandra megapotamica</i> EM FUNÇÃO DAS MALHAS E TEMPOS AMOSTRAIS.....	18
3.4	ESTRUTURA DA COMUNIDADE BENTÔNICA.....	21
4.	<b>DISCUSSÃO</b> .....	29
4.1.	INVERTEBRADOS E FUNGOS NA DECOMPOSIÇÃO FOLIAR .....	29
4.2.	DECOMPOSIÇÃO EM FUNÇÃO DAS MALHAS E TEMPO AMOSTRAIS .....	30
4.3	ESTRUTURA DA COMUNIDADE BENTÔNICA DURANTE A DECOMPOSIÇÃO.....	31
5.	<b>CONCLUSÃO</b> .....	33
	REFERÊNCIAS .....	34

## 1. INTRODUÇÃO

A maior parte da matéria orgânica (desde folhas, galhos até frutos e sementes), incorporada ao ecossistema aquático é proveniente da vegetação ripária (Wantzen et al., 2008). Esse material orgânico pode atingir o corpo d'água por aporte vertical ou horizontal, no qual é carregado pela chuva ou outros agentes (Elosegi e Pozo, 2005). O constituinte mais abundante do influxo orgânico para o ecossistema aquático são as folhas, que podem formar acúmulos nos leitos dos rios e riachos (Kobayashi e Kagaya, 2004).

Uma das plantas nativas que compõe a vegetação ripária (principalmente nos Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul), e que foi utilizada nesse estudo, é a *Nectandra megapotamica*, conhecida como “canelinha”, a qual vem sendo muito empregada na arborização urbana e também no reflorestamento de áreas degradadas, principalmente por causa da forma globosa de sua copa, apresentando também folhas de textura coriácea e um tronco de cor castanha com escamas, que quando se desprendem deixam cicatrizes características da espécie (Carvalho, 2006). Esta árvore, juntamente com outras plantas que compõem a vegetação ripária fornece material orgânico para ser processado pela comunidade de micro-organismos e invertebrados aquáticos, participando assim da ciclagem de nutrientes (Moretti, 2005).

Ao atingir o ambiente aquático o material foliar começa a ser decomposto por meio de processos físicos, químicos e biológicos e, conseqüentemente, vai sendo incorporado à cadeia trófica (Wantzen et al., 2008). No entanto, a velocidade de decomposição dos detritos foliares é afetada por vários fatores como as características da água (pH, temperatura) e das folhas (ex. dureza, tipo de compostos químicos que compõem o material foliar), as quais podem promover ou inibir a colonização pela comunidade bentônica (Gonçalves et al., 2013) e por outros organismos como fungos e bactérias. Inicialmente ocorre a lixiviação dos compostos solúveis e o material foliar é então colonizado por bactérias e fungos que vão quebrar as moléculas compostas (lignina, celulose), tornando esse material mais atrativo e palatável para colonização e processamento pela comunidade de invertebrados bentônicos (Gessner et al., 1999; Wantzen et al., 2008).

Devido as diferentes formas que esses invertebrados bentônicos atuam na decomposição da matéria orgânica (variados modos de obter alimento), eles podem ser

classificados em grupos tróficos funcionais (Ligeiro et al., 2010). Esses organismos podem ser divididos principalmente em fragmentadores (trituran a matéria orgânica particulada grossa, disponibilizando para a coluna d'água), raspadores (ingerem o biofilme que recobre o substrato), coletores (apanham a matéria orgânica particulada fina) e predadores (aprisionam e ingerem outros organismos) (Merritt e Cummins, 1996; Alan e Castilo, 2005). No entanto, nas regiões tropicais tem sido registrada poucos organismos fragmentadores, o que pode contribuir para reduzir a velocidade da decomposição foliar, ficando o processamento desse material orgânico atribuído em grande parte à atividade microbiana (Gonçalves et al., 2007; Boyero et al., 2011) especialmente de fungos e bactérias.

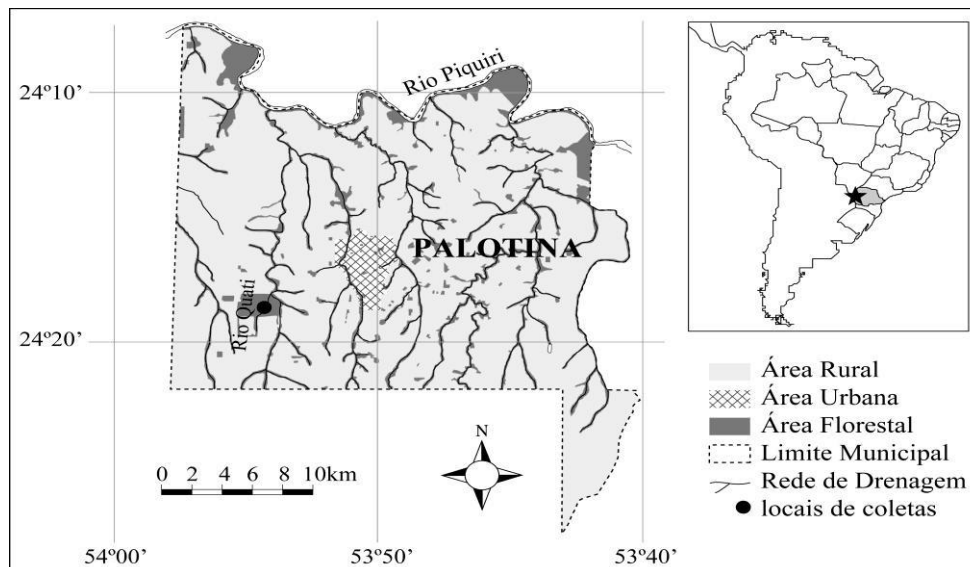
A relação entre os processos de decomposição, o papel dos invertebrados bentônicos e das comunidades fúngica e microbiana ainda são bastante discutidos no Brasil (Moretti et al., 2007; Landeiro et al., 2010; Moulton et al., 2010; Gonçalves et al., 2013) sendo que em outros ambientes tropicais o volume de estudos a esse respeito tem aumentado significativamente (Wantzen et al., 2006; Ardon e Pringle, 2008; Ardon et al., 2009; Santos e Rodrigues, 2015).

A fim de compreender melhor os processos que envolvem a decomposição e a colonização dos detritos foliares, este estudo teve como objetivo analisar o papel dos invertebrados e fungos no processamento foliar da *N. megapotamica*. Para isso, trabalhamos com as premissas de que i) ocorrerá um aumento na densidade fúngica e de invertebrados nos primeiros 15 dias de decomposição; ii) ocorrerá alteração na composição taxonômica e no grupo trófico funcional da comunidade de invertebrados ao longo dos três tempos amostrais; iii) os atributos de abundância, riqueza, diversidade e equitabilidade serão maiores no tempo intermediário (30 dias) de decomposição; iv) nos *litter bags* de malha grossa espera-se maiores valores de decomposição, além de elevada densidade fúngica e bentônica.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1. ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado no riacho Quati localizado no interior do Parque Estadual São Camilo (Fig. 1), tendo sua nascente e foz, respectivamente sob as seguintes coordenadas:  $24^{\circ}19'56.50''\text{S}/53^{\circ}54'49.93''\text{W}$  e  $24^{\circ}18'24.94''\text{S}/53^{\circ}54'09.69''\text{W}$  (IAP, 2013). O riacho Quati é um curso d'água de primeira ordem e afluente do Rio São Camillo, ambos pertencentes à Bacia hidrográfica do Rio Piquiri. Apresenta aproximadamente 3,3 km de extensão, sendo 2,0 km dentro do Parque Estadual São Camilo e 1,3 km em propriedade particular, onde sofre influência agrícola (IAP, 2013).



**Fig. 1.** Localização do ponto de amostragem no Rio Quati, interno ao Parque Estadual São Camilo, no Município de Palotina, Estado do Paraná, Brasil. Fonte: Jaime Luis Lopes Pereira, 2015.

### 2.2. AMOSTRAGEM DA COMUNIDADE BENTÔNICA

As folhas de *Nectandra megapotamica* foram coletadas em período anterior ao experimento, secas em estufa de circulação de ar a  $45^{\circ}\text{C}$  e armazenadas para utilização. Estas amostras de folhas secas ( $\pm 3,0\text{ g}$ ) foram pesadas e colocadas em “litter bags” de malha grossa (10 mm) e fina (0,5mm) com  $15\text{cm}\times 20\text{cm}$  de tamanho, totalizando quatro réplicas em cada

malha por tempo amostral. Esses “*litter bags*” foram incubados no riacho e mantidos durante os tempos de 15, 30 e 60 dias no período de inverno (junho a agosto) de 2014.

Em cada tempo amostral foram retiradas quatro réplicas incubadas, as quais foram colocadas em sacos plásticos e conduzidas ao laboratório de Pesquisa em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura (LEPI/UFPR) para processamento do material. No laboratório, as folhas foram lavadas com água destilada, em peneiras de 0,25 mm, para a retirada de invertebrados. As amostras de invertebrados obtidas das lavagens das folhas foram triadas e identificadas ao menor nível taxonômico possível (Perez, 1996; Costa et al., 2004; Mugnai et al., 2010) e classificadas em grupos tróficos funcionais, de acordo com a literatura (Merritt e Cummins, 1996; Cionek, 2016).

### **2.3 BIOMASSA FÚNGICA E DECOMPOSIÇÃO**

Posteriormente à lavagem destas folhas, foram retirados quatro conjuntos de discos foliares (10 mm) para as análises de esporulação (biomassa fúngica). Os discos foram colocados em erlemeyer com 10 mL de água do riacho e colocados sob agitação (90 rppm) por 48 horas. Posteriormente, foram colocados em tubos falcon, fixados com 2 mL de formol 4% e enviados ao laboratório de Micologia Aquática da Universidade Federal da Bahia para análise dos esporos. Para determinar os esporos de fungos na água do riacho, esta foi filtrada com o corante “cotton blue” (Bärlocher, 2005) e os esporos contados e identificados.

O restante do detrito foliar foi seco em estufa (60°C) e pesado para determinação da decomposição foliar ao longo dos tempos amostrais e das malhas, considerando o peso seco inicial ( $\pm 3,0$  g) das folhas que foram incubadas no início do experimento.

### **2.4. ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS**

A concentração de oxigênio dissolvido, pH, condutividade elétrica e temperatura da água foram medidas utilizando a sonda multiparâmetros (Modelo Horiba). Foram tomadas também medidas de vazão através de cronômetro e profundidade da água.

As amostras de sedimento foram secas em estufa a 80°C e a textura granulométrica determinada de acordo com Suguio (1973), utilizando-se a escala de Wentworth (1922).

As análises de dureza das folhas (lignina e celulose) e polifenóis foram realizadas pela URI, de acordo com protocolos específicos de extração.

## 2.5. TRATAMENTO DOS DADOS

### 2.5.1 Decomposição foliar: contribuição de fungos e invertebrados

A contribuição dos fungos e invertebrados na decomposição foliar da *Nectandra megapotamica* ao longo do tempo de colonização do detrito foi analisada através da taxa de decaimento foliar.

A taxa de decaimento das folhas foi obtida a partir do coeficiente de transformação  $k$ , por meio do modelo exponencial negativo  $M_t = M_0 \cdot e^{-kt}$ , onde  $M_0$  é a massa pesada inicialmente,  $M_t$  é a massa remanescente do detrito exposto na água no tempo  $t$  (dias) (Petersen e Cummins, 1974) e o  $k$  é o coeficiente de decomposição.

### 2.5.2. Decomposição foliar em função das malhas e tempos amostrais

Para verificar se a decomposição das folhas de *Nectandra megapotamica* foi influenciada pelas diferentes aberturas das malhas (0,5 e 10 mm) e pelos tempos amostrais (15, 30 e 60 dias) foi realizada uma ANOVA TWO-WAY com interação, seguido de um teste de TUKEY ( $\alpha = 0,05$ ), utilizando o software R (R Core Team, 2012).

### 2.5.3. Estrutura da comunidade bentônica

A PERMANOVA (distância de Bray-Curtis), utilizando o software PAST (HAMMER *et al.*, 2001), foi utilizada para verificar se a abundância de organismos bentônicos foi alterada em relação às malhas e tempos amostrais. Enquanto a PERMANOVA (distância de Jaccard) analisou se a ocorrência dos táxons diferiu em relação aos tempos e malhas durante a colonização das folhas de *Nectandra megapotamica*.

Para explorar a diferença registrada na estrutura da comunidade bentônica pela PERMANOVA (com Jaccard), foi realizada a análise de porcentagem de similaridade (SIMPER) com o software PAST (Hammer *et al.*, 2001), identificando que mais contribuíram nas malhas e tempos amostrais durante a colonização e processamento do material foliar.

A diversidade e abundância foi verificada utilizando o software DivEs (Rodrigues, 2015), por meio da diversidade de Shannon ( $H'$ ) (MAGURRAN, 1988), definida com o  $H' = -\sum_{i=1}^s p_i \cdot \ln p_i$ , onde:  $s$  = número de famílias e  $p_i$  = abundância de organismos bentônicos. A

equitabilidade foi realizada por meio do índice de Pielou (PIELOU, 1966), definida como  $E = H' / \ln S$ :  $H'$  = corresponde ao índice de diversidade de Shannon e  $S$  = número de famílias amostradas. Enquanto a riqueza foi analisada por meio do índice de Margalef (MARGALEF, 1956), em que  $D (Mg) = (S-1) / \ln (n)$ , onde,  $S$  = número de famílias e  $n$  = número total de organismos.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. VARIÁVEIS ABIÓTICAS

A caracterização ambiental através dos variáveis físicas e químicas da água e do sedimento evidenciou que o pH tendeu a alcalinidade, enquanto o oxigênio dissolvido foi superior a 9,2 mg/L. A vazão ( $m^3/s$ ) não apresentou variações expressivas registrando valores de 0,214  $m^3/s$  a 0,240  $m^3/s$  e a temperatura da água foi inferior a 20°C durante todo experimento (Tab.1).

A textura granulométrica do sedimento do riacho foi composta principalmente por partículas arenosas (finas = 0,125 mm; médias = 0,25 mm; grossas = 0,5 mm), em torno de 70% do total, sendo 27% deste total constituído por areias finas, 20% de areias médias e 23% por areias grossas. A porcentagem de lama registrada no sedimento foi inferior a 10%.

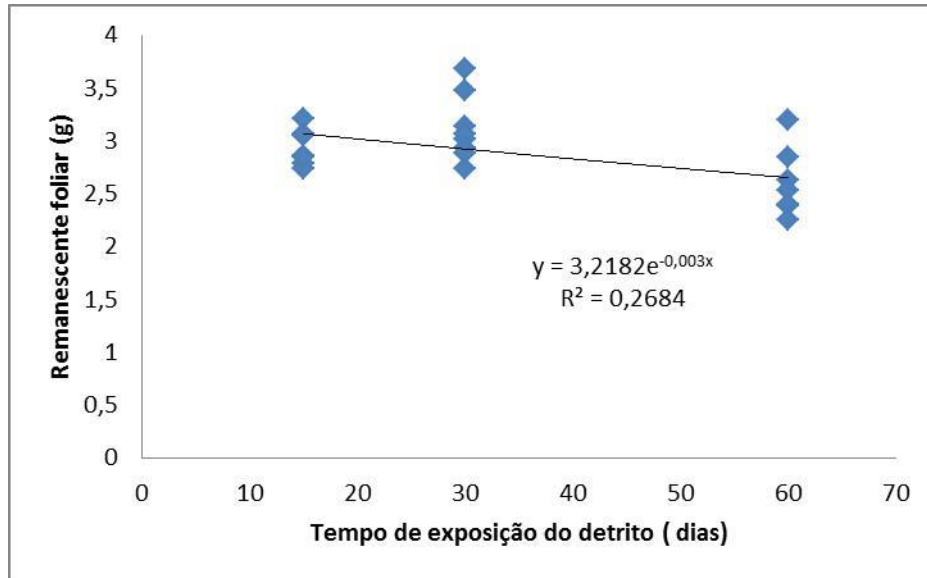
**Tab. 1.** Variáveis abióticas mensuradas através da sonda HORIBA, nos diferentes tempos amostrais, incluindo a instalação do experimento (tempo zero). pH (potencial hidrogeniônico), TE (temperatura da água), OD (oxigênio dissolvido), VA (vazão).

Tempo (dias)	pH	TE (°C)	OD (mg/L)	VA ( $m^3/s$ )
0	6,50	18,80	9,50	0,214
15	7,47	19,0	9,80	0,233
30	7,53	13,90	9,20	0,210
60	7,32	16,70	9,70	0,240

#### 3.2. CONTRIBUIÇÃO DOS FUNGOS E INVERTEBRADOS NA DECOMPOSIÇÃO FOLIAR DA *Nectandra megapotamica*

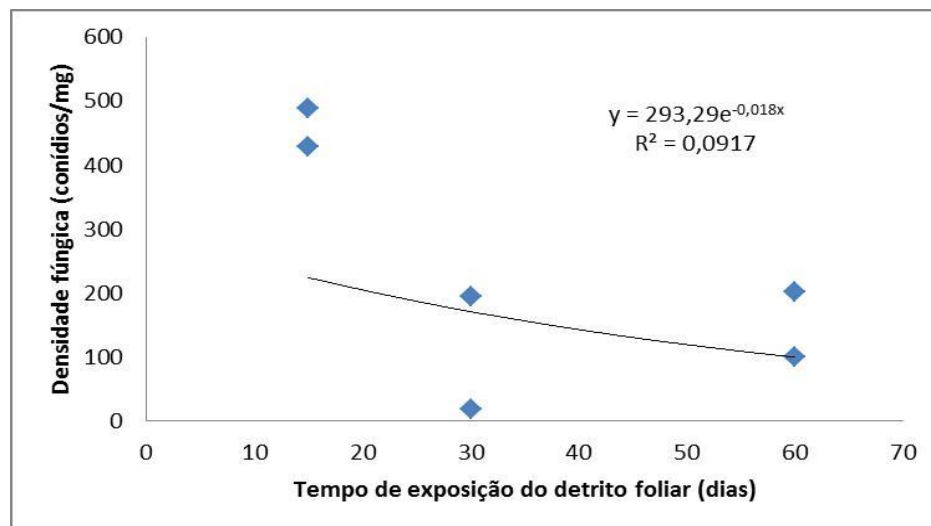
Através do cálculo de decaimento foliar ( $k = - 0,003$ ) foi possível evidenciar a diminuição exponencial no remanescente foliar ao longo dos dias de experimento. Além disso, foi possível verificar que a maior perda de massa foliar ocorreu de 30 para 60 dias de exposição, com  $R^2$  de 0,2684. No entanto, ao longo de todo o período de colonização, a decomposição das folhas de *N. megapotamica* foi baixa (aproximadamente 20%) (Fig. 2).





**Fig 2.** Taxa de decaimento foliar da *Nectandra megapotamica* nos tempos de 15, 30 e 60 dias.

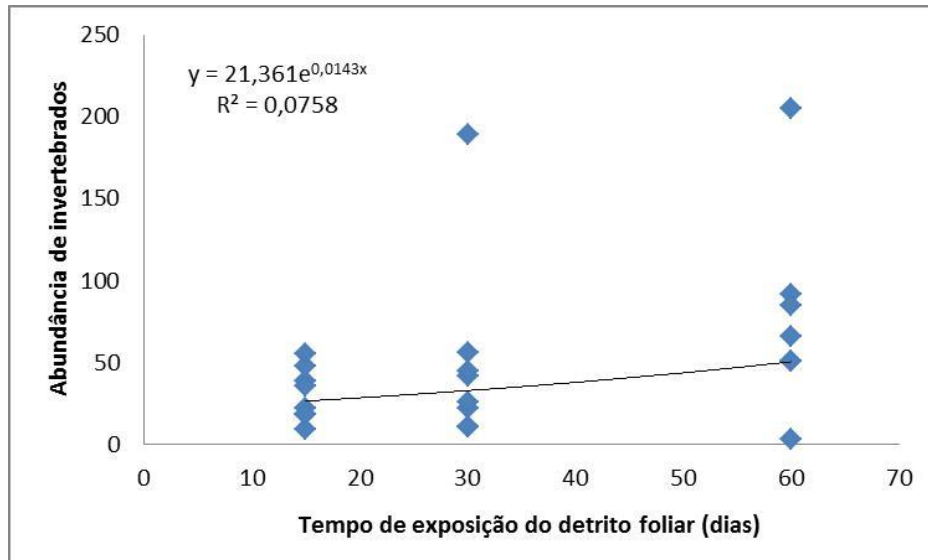
A análise da decomposição foliar em relação à densidade fúngica ( $R^2 = 0,0917$ ) evidenciou maior biomassa fúngica no período de 15 dias, com decréscimo aos 30 e leve aumento no período de 60 dias (Fig. 3).



**Fig. 3.** Densidade fúngica (conídios/mg) ao longo do tempo de exposição (15, 30 e 60 dias) das folhas de *Nectandra megapotamica*.

Quando analisada a abundância de invertebrados ( $k = 0,014$ ,  $R^2 = 0,0758$ ) verificou-se uma tendência antagônica ao que foi registrado para a densidade fúngica ao longo do tempo de exposição do detrito foliar, pois a abundância dos invertebrados bentônicos aumentou

significativamente ao longo dos tempos amostrais, tendo maior valor registrado no tempo de 60 dias (Fig. 4).

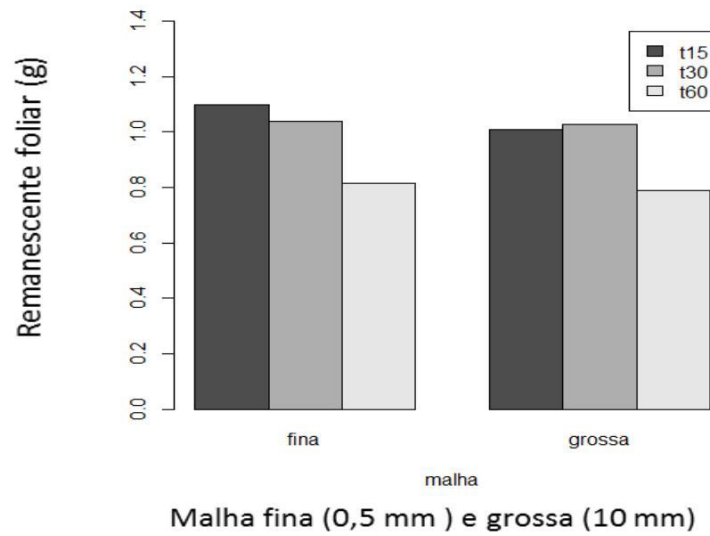


**Fig 4.** Abundância de invertebrados bentônicos ao longo do tempo de exposição (15, 30 e 60 dias) das folhas de *Nectandra megapotamica*.

### 3.3. DECOMPOSIÇÃO FOLIAR DA *Nectandra megapotamica* EM FUNÇÃO DAS MALHAS E TEMPOS AMOSTRAIS

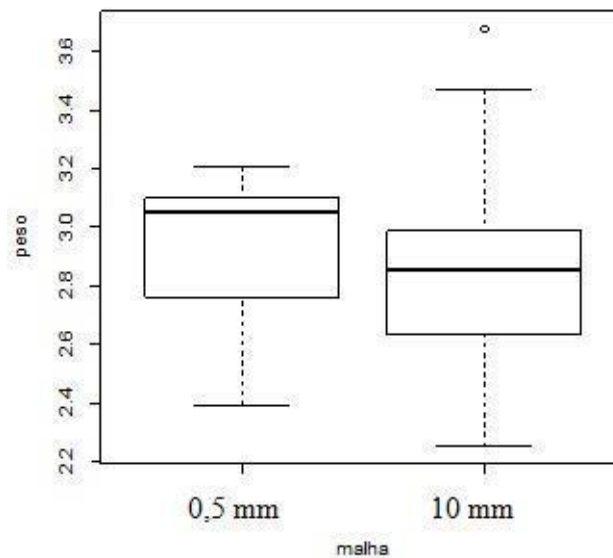
Através da ANOVA, para as variáveis de tempo e malha, verificaram-se diferenças significativas somente para os tempos amostrais ( $F_{15,30,60 \text{ dias}} = 6,6948$ ,  $p < 0,001$ ).

Em relação aos tempos amostrais, através do TUKEY ( $\alpha = 0,05$ ) evidenciou-se diferença significativa para a decomposição somente aos 60 dias de exposição do detrito foliar (Fig. 5).



**Fig. 5.** Decomposição das folhas de *Nectandra megapotamica* em relação às malhas (fina e grossa) e tempo de exposição do detrito (15,30 e 60 dias).

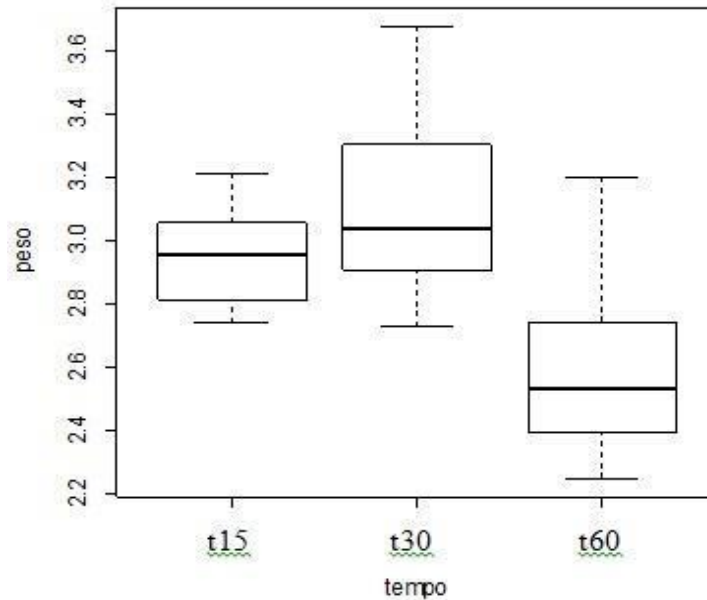
O diâmetro das malhas utilizadas na confecção das “litter bags” não foi um fator significativo para a taxa de decomposição das folhas de *N. megapotamica* (Fig. 6<sup>a</sup>)



**Fig. 6A.** Decomposição das folhas de *Nectandra megapotamica* nas malhas 0,5 mm e 10 mm, através do peso remanescente foliar.

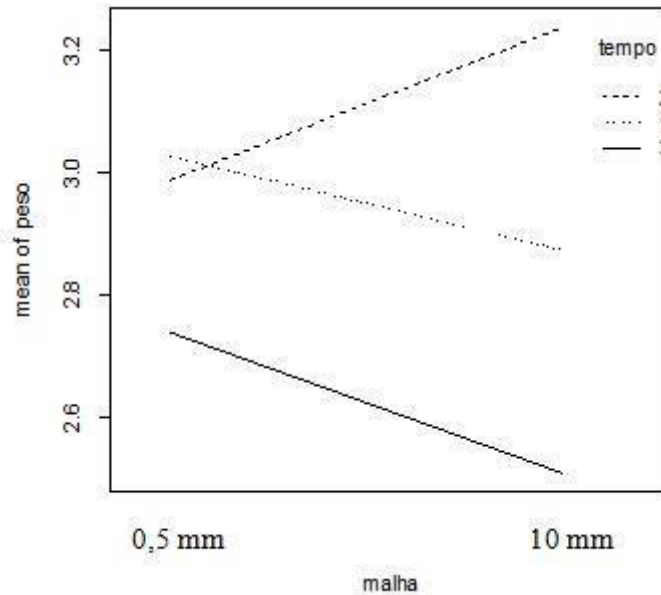
A perda de massa foliar ao longo da exposição do detrito, porém, mostrou que o tempo foi um fator importante para o processamento da matéria orgânica. Aos 60 dias de exposição

observou-se que cerca de 20% do material foliar da *N. megapotamica* haviam sido processados (Fig. 6B).



**Fig.6B.** Decomposição das folhas de *Nectandra megapotamica* ao longo do tempo de exposição do detrito. t15 (15 dias), t30 (30 dias) e t60 (60 dias).

A interação testada pela ANOVA entre as malhas fina (0,5 mm) e grossa (10 mm) e os tempos analisados (15, 30 e 60 dias), não foi significativa estatisticamente ( $F= 1,7725$ ,  $p = 0,1998$ ). Este resultado evidenciou que embora tenham existido diferenças na taxa de decomposição entre as malhas e os tempos, estas não foram significativas estatisticamente e que não existe interferência do tamanho da malha com o tempo de decomposição, ou seja, tais fatores atuaram separadamente (Fig.7).



**Fig 7.** Interação dos fatores tempo 1 (15 dias), 2 (30 dias) e 3 (60 dias) e malhas 0,5 mm e 10 mm em relação ao processo de decomposição foliar de *N. megapotamica*.

A análise da composição química evidenciou elevados teores de lignina (39,4%) e celulose (27,7%) nas folhas de *N. megapotamica*. Este fato pode explicar as baixas taxas de decomposição, mesmo aos 60 dias de experimento (Tab.2).

**Tab. 2.** Composição química das folhas de *N. megapotamica*.

Compostos foliares	(%)
Lignina	39,4
Celulose	27,7
Polifenóis	5

### 3.4. ESTRUTURA DA COMUNIDADE BENTÔNICA

Quando analisada a abundância dos organismos, através da PERMANOVA (Bray-Curtis), observou-se que ela não foi alterada significativamente pela malha utilizada ( $p = 0,1206$ ). Inversamente ao que foi constatado para as malhas, verificou-se que o tempo de exposição do detrito não influencia estatisticamente a abundância de organismos ( $p = 0,0537$ ).

Ao analisar a ocorrência os táxons de invertebrados (PERMANOVA com distância de Jaccard), verificou-se que os tempos 15, 30 e 60 dias ( $p = 0,0530$ ) e as malhas testadas ( $p =$

0,0016), atuaram como fatores importantes na determinação da composição da comunidade bentônica.

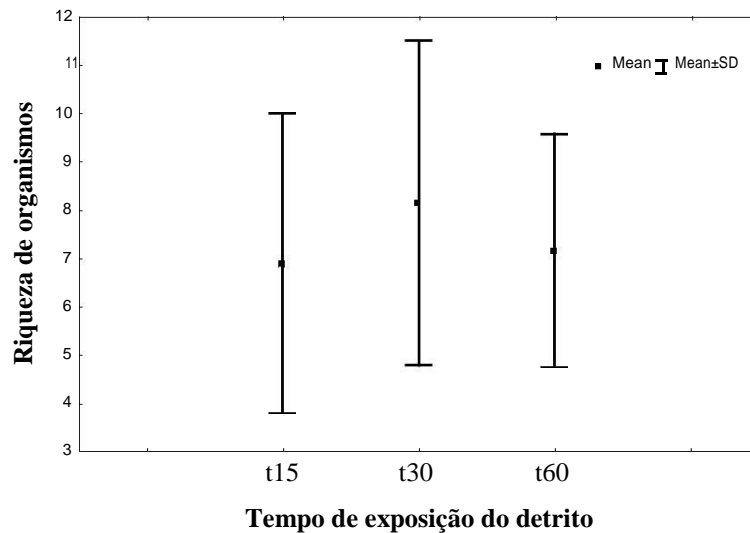
As famílias Baetidae, Leptophlebiidae, Chironomidae, Simuliidae e Elmidae, corresponderam a 87,5% (n = 1050), dos organismos amostrados. Dentre estes, Chironomidae foi o táxon mais abundante, totalizando 72,58 % (n = 871). Os invertebrados com menores frequências percentuais 2,08% (n = 25) foram Ancyliidae, Leptohyphidae, Leptoceridae, Empididae, Hydracarina, Hirudinea, Megapodagrionidae, Libelullidae, Vellidae e Nematoda.

Os táxons Ancyliidae e Vellidae foram exclusivos para o tempo de 15 dias, enquanto Hirudinea, Ostracoda e Nematoda foram registrados somente aos 30 dias de exposição do detrito. Por outro lado, Baetidae, Hydroptilidae, Chironomidae e Elmidae ocorreram em todos os tempos e malhas (Tab. 3.).

**Tab. 3.** Ocorrência dos invertebrados aos 15, 30 e 60 dias de exposição do detrito, utilizando *litter* bags com malhas de 0,5 mm e 10 mm.

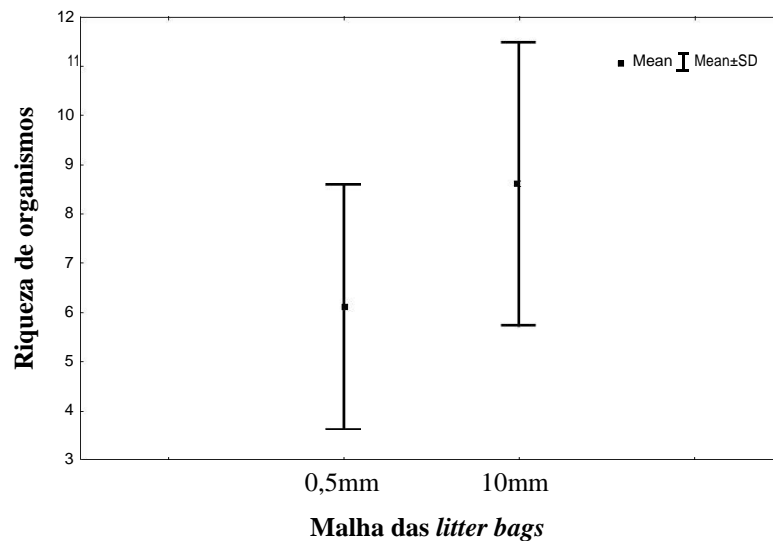
	15 dias - 0,5 mm	15 dias - 10 mm	30 dias - 0,5 mm	30 dias - 10 mm	60 dias - 0,5 mm	60 dias - 10 mm
<b>Ancyliidae</b>	+					
<b>Baetidae</b>	+	+	+	+	+	+
<b>Leptophlebiidae</b>						
<b>Leptohyphidae</b>				+		
<b>Caenidae</b>	+				+	
<b>Hydroptilidae</b>	+	+	+	+	+	+
<b>Hydropsychidae</b>		+		+		
<b>Leptoceridae</b>		+		+		
<b>Empididae</b>				+		
<b>Chironomidae</b>	+	+	+	+	+	+
<b>Simuliidae</b>		+		+		+
<b>Ceratopogonidae</b>			+		+	+
<b>Elmidae</b>	+	+	+	+	+	+
<b>Hydracarina</b>	+	+				
<b>Oligochaeta</b>			+	+	+	+
<b>Hirudinea</b>				+		
<b>Megapodagrionidae</b>		+				
<b>Perilestidae</b>		+				+
<b>Libelullidae</b>		+			+	
<b>Perlidae</b>			+		+	+
<b>Gripopterygidae</b>			+	+	+	
<b>Vellidae</b>		+				
<b>Ostracoda</b>			+	+		
<b>Palaemonidae</b>		+	+	+		+
<b>Nematoda</b>				+		

Em relação à riqueza taxonômica observou-se que aos 30 dias ( $n = 20$ ) de incubação das *litter bags*, obteve-se a maior riqueza, seguida pelos tempos de 15 dias de exposição ( $n = 18$ ) e 60 dias ( $n = 16$ ). No entanto de acordo com a ANOVA esta diferença não foi significativa ( $p > 0,05$ ) (Fig. 8A).



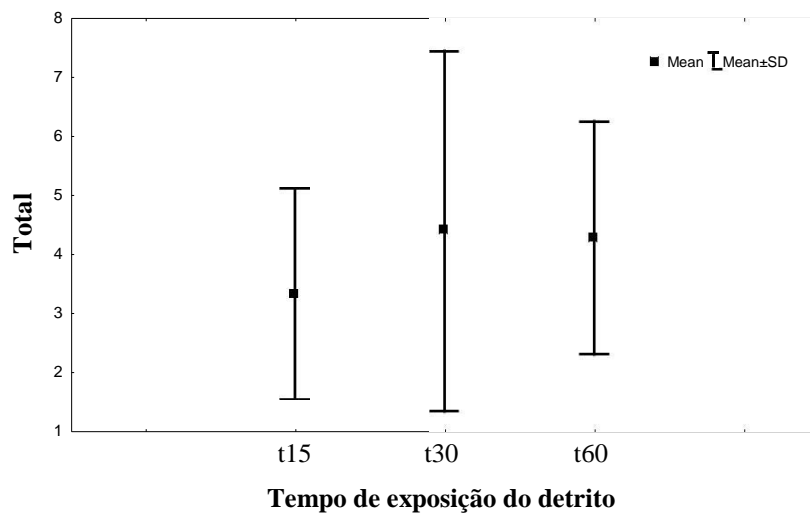
**Fig. 8A.** Riqueza de invertebrados bentônicos ao longo do tempo de exposição do detrito foliar (15, 30 e 60 dias).

A diferença na riqueza de organismos bentônicos em relação às malhas utilizadas (0,5 e 10 mm) foi significativa estatisticamente ( $p < 0,05$ ), a malha de 10 mm apresentou uma riqueza ligeiramente mais elevada de organismos (Fig. 8B).



**Fig. 8B.** Riqueza de invertebrados bentônicos em relação às malhas utilizadas (0,5 e 10 mm).

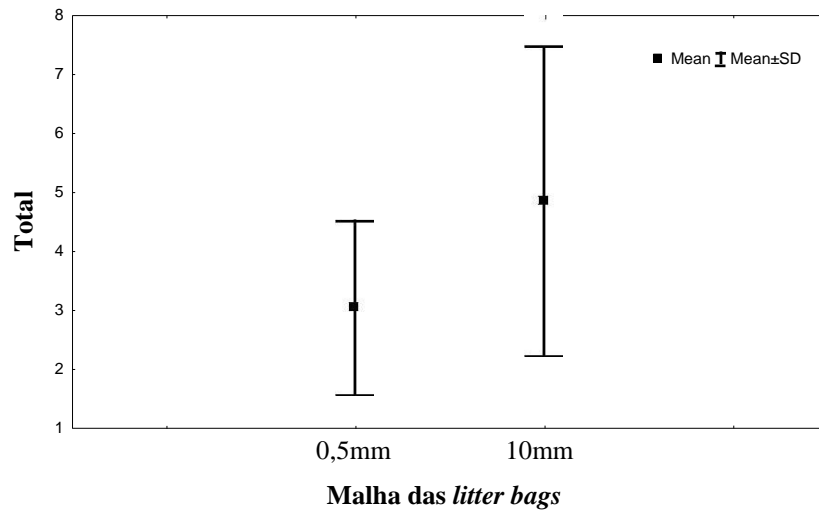
A abundância de organismos foi mais elevada aos 30 e 60 dias de exposição do detrito foliar (Fig.9A), sendo estas diferenças não significativas estatisticamente ( $p = 0,05$ ). Os elevados valores de desvio padrão, possivelmente são resultado do número de Chironomidae ( $n = 871$ ) que colonizaram o detrito em todos os tempos amostrais.



**Fig. 9A.** Abundância de invertebrados bentônicos ao longo do tempo de exposição do detrito foliar: t15 (15 dias), t30 (30 dias) e t60 (60 dias).

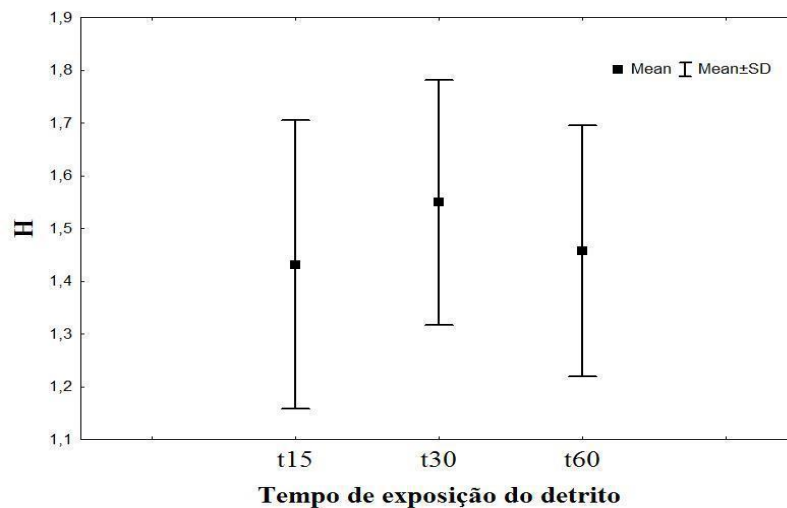
Com relação às malhas das *litter bags*, a abundância média de invertebrados foi ligeiramente superior na malha de 10 mm, embora essa diferença não tenha sido significativa estatisticamente ( $p = 0,1206$ ) (Fig.9B)





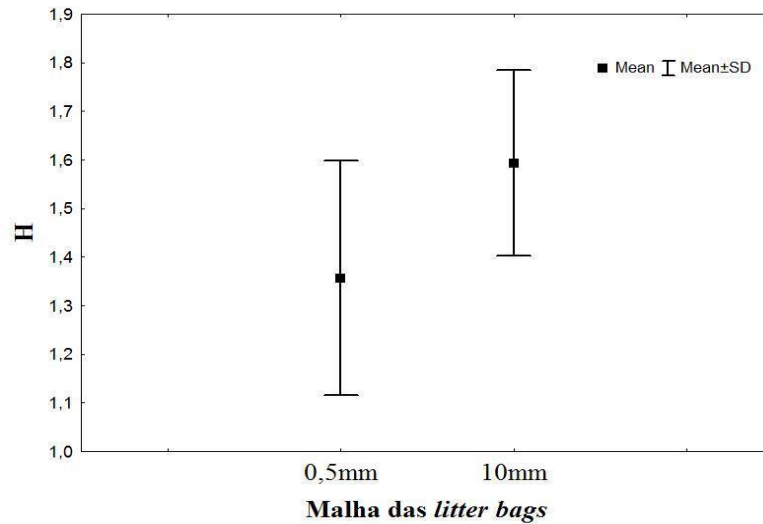
**Fig. 9B.** Abundância de invertebrados bentônicos nas malhas finas (0,5 mm) e grossa (10 mm) das *litter bags*.

Em relação ao tempo de exposição dos detritos, a diversidade média de organismos bentônicos foi ligeiramente mais elevada no período intermediário de processamento da matéria orgânica (30 dias), embora não tenha sido significativo estatisticamente ( $p = 0,119$ ) (Fig. 10A).



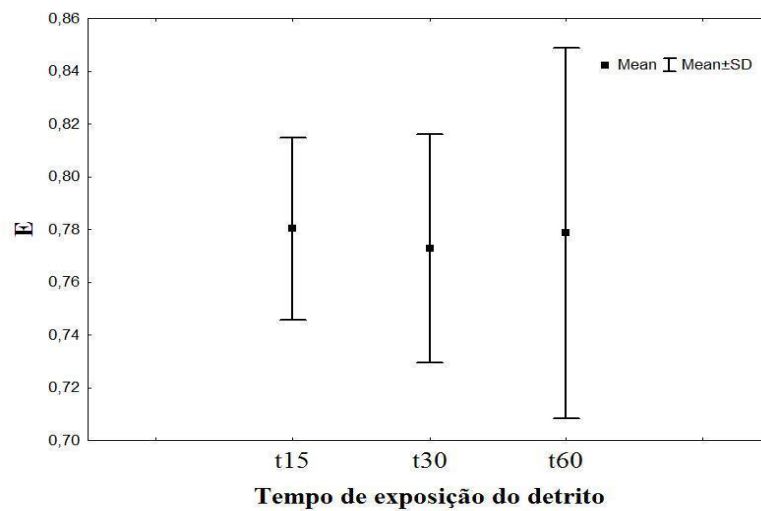
**Fig.10A.** Diversidade de organismos bentônicos nos tempos de incubação t15 (15 dias), t30 (30 dias) e t60 (60 dias).

A abertura da malha da *litter bag* influenciou ( $p = 0,0076$ ) na diversidade ( $\bar{x} H' = 2,983$  para a malha de 10 mm, e  $\bar{x} H' = 1,8536$  para malha de 0,5 mm) dos organismos amostrados, sendo mais elevada na malha de 10 mm (Fig.10B).



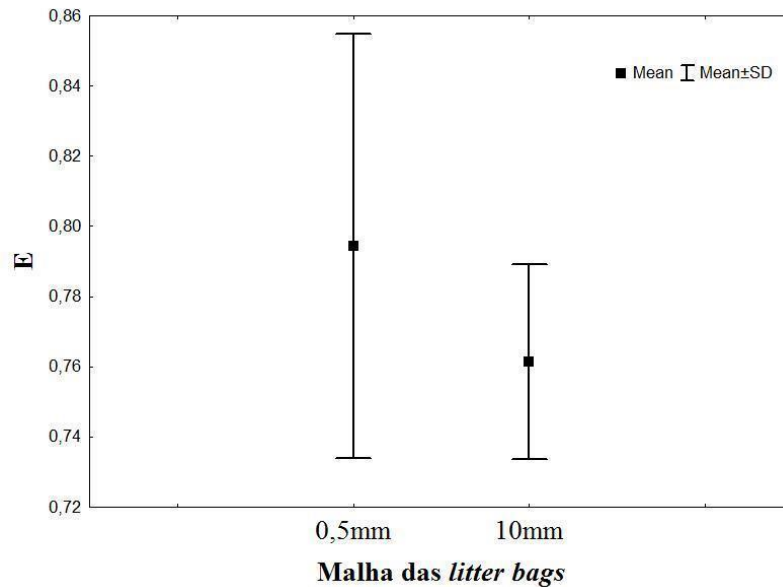
**Fig. 10B.** Diversidade de organismos bentônicos amostrados com as *litter bags* de malha 0,5 mm e 10 mm.

Em relação à equitabilidade, esta não diferiu estatisticamente ( $p = 0,257$ ), embora tenha sido mais elevada aos 15 e 60 dias de exposição do detrito foliar (Fig.11A). Essa variação da equitabilidade ao longo do período amostral possivelmente esteja relacionada aos elevados valores de abundância de Chironomidae.



**Fig. 11A.** Equitabilidade aos t15 (15 dias), t30 (30 dias) e t60 (60 dias) de exposição do detrito foliar.

Embora a equitabilidade tenha sido mais elevada na malha de 0,5 mm, a diferença entre as malhas não foi significativa ( $p = 0,3696$ ) (Fig. 11B). Esta variação, assim como foi observada para os tempos amostrais, pode ser resultado dos altos valores de Chironomidae.



**Fig;11B.** Equitabilidade em relação às malhas de 0,5 mm e 10 mm das litter bags.

Através da análise SIMPER (utilizando Bray-Curtis), foi possível verificar quais foram os táxons que mais contribuíram para a decomposição nos grupos formados pelas malhas e tempos amostrais. Ficou evidente que Chironomidae foi o táxon de maior contribuição em todos os tempos amostrais, para estrutura e diferenciação da comunidade bentônica. Nos demais tempos, houve substituição dos táxons, sendo Elmidae e Leptophlebiidae importantes aos 15 dias de exposição do detrito, enquanto Simuliidae e Leptophlebiidae contribuíram aos 30 dias e Baetidae e Hydroptilidae foram os táxons de maior contribuição aos 60 dias de decomposição do detrito foliar (Tab. 4).

**Tab. 4.** Análise de-SIMPER comparando cada tempo em relação às duas malhas utilizadas: 15-0,5mm X t15-10mm; t30-0,5mm X t30-10mm; e t60-0,5m X t60-10mm. Valores estão expressos em porcentagem (%).

<b>Táxon</b>	<b>Tempo-malha</b>	<b>Contribuição</b>	<b>Cumulativo</b>
<b>Chironomidae</b>	t15-0,5 X t15-10	25,77	54,05
<b>Elmidae</b>	t15-0,5 X t15-10	3,686	61,78
<b>Leptophlebiidae</b>	t15-0,5 X t15-10	3,032	68,14
<b>Chironomidae</b>	t30-0,5 X t30-10	27,59	49,67
<b>Simulidae</b>	t30-0,5 X t30-10	5,618	59,79
<b>Leptophlebiidae</b>	t30-0,5 X t30-10	3,002	65,19
<b>Chironomidae</b>	t60-0,5 X t60-10	41,72	73,17
<b>Baetidae</b>	t60-0,5 X t60-10	3,683	79,63
<b>Hydroptilidae</b>	t60-0,5 X t60-10	2,266	83,61

## 4. DISCUSSÃO

### 4.1. INVERTEBRADOS E FUNGOS NA DECOMPOSIÇÃO FOLIAR

Uma densidade fúngica mais elevada foi observada no tempo de 15 dias, a qual foi diminuindo gradativamente com o decorrer do período de exposição do detrito foliar, corroborando a nossa hipótese inicial, onde esperávamos a maior participação dos fungos no início do processo de decomposição. Este fato provavelmente esteve relacionado à capacidade de quebrar moléculas complexas da matéria orgânica que os fungos possuem, aumentando assim a palatabilidade do conteúdo foliar e disponibilizando esse material para colonização pela comunidade bentônica (Mason, 1980). Os fungos conseguem quebrar essas moléculas complexas (celulose, ácidos aromáticos, polifenóis e algumas proteínas) por meio de atividade enzimática, possibilitando que outros fungos, invertebrados e até mesmo plantas, sejam capazes de absorver esses compostos, dando continuação à ciclagem de nutrientes (Barbosa, 2007).

Além disso, a maior participação dos hifomicetos aquáticos no início da decomposição pode estar relacionada com a maior quantidade de nutrientes disponíveis nas folhas. Estudo realizado por Gessner e Van Ryckegem (2003c) demonstrou que a taxa de esporulação é reduzida à medida que o detrito foliar é processado e por consequência a disponibilidade de nutrientes.

Após estabelecimento dos fungos ocorreu uma participação mais intensa da comunidade bentônica, ou seja, a densidade de organismos bentônicos, ao contrário do ocorrido com os fungos, aumentou significativamente com o decorrer do período de exposição do detrito. Este aumento no número de invertebrados, após a colonização fúngica, está relacionado com a exposição do folhiço no riacho e à melhor palatabilidade foliar promovida pela atuação dos fungos (Gessner et al., 1999b). A redução na densidade fúngica durante o processo de decomposição pode ter sido relacionada ao decréscimo na diversidade microbiana à medida que os últimos compostos recalcitrantes são degradados (Begon et al., 2007).

Notou-se, portanto, uma interação entre os fungos e invertebrados no processamento das folhas da *Nectandra megapotamica* ao longo de todo período amostral, sendo os invertebrados possivelmente dependentes da atividade fúngica para aumentar a palatabilidade do material orgânico presente no ambiente aquático (Graça, 2001) e para dar continuidade ao

processo de decomposição, especialmente pela atuação de variadas categorias de grupos tróficos funcionais.

#### **4.2. DECOMPOSIÇÃO EM FUNÇÃO DAS MALHAS E TEMPOS AMOSTRAIS**

O diâmetro das malhas utilizadas no experimento (0,5 e 10 mm) não influenciou significativamente a taxa de decomposição foliar, possivelmente por ambas permitirem a colonização por fungos e invertebrados. No entanto, ficou evidente a seletividade destas malhas na composição taxonômica dos invertebrados, uma vez que nas malhas grossas observaram-se maiores valores de riqueza e diversidade. Além disso, na malha de 10 mm ocorreram invertebrados de tamanho maiores como Palaemonidae (Camarão) e Leptoceridae (Trichoptera).

Com relação à abundância de invertebrados, verificou-se relação inversa à da densidade fúngica, pois a abundância de organismos aumentou significativamente ao longo dos tempos amostrais (tendo maior valor no tempo de 60 dias), enquanto a densidade fúngica foi elevada no início do processo (15 dias de colonização), sendo bastante reduzida com o decorrer do tempo de exposição do detrito.

É importante ressaltar que, mesmo aos 60 dias de exposição, as folhas da *Nectandra megapotamica* não apresentaram um aspecto muito degradado. Este fato provavelmente esteve relacionado às baixas temperaturas registradas durante o estudo (inferiores a 20°C) e também aos elevados valores de lignina e celulose apresentados por esta planta. Alguns estudos tem demonstrado que as folhas nas regiões tropicais tendem a conter concentrações mais elevadas de compostos recalcitrantes que interferem na taxa de decomposição da matéria orgânica (Gonçalves et al. 2007; Ardon et al., 2009b).

Uma vez que a *N. megapotamica* possui uma quantia superior a 30 % de lignina em suas folhas, o fato de a decomposição ter sido baixa mesmo aos 60 dias de exposição do detrito (em torno de 26% decomposição), pode estar relacionado a uma elevada razão lignina/N, a qual proporcionou maior dureza às folhas (Gessner e Chauvet, 1994a).

Além disso, a velocidade de decomposição da matéria orgânica aparentemente esteve mais relacionada às características presentes inicialmente no material foliar, pois a lixiviação dos compostos solúveis ocorre de forma rápida (Ardon et al., 2009b). Sendo os

componentes estruturais (lignina e celulose), mais importantes para determinar a taxa de decomposição, tendo em vista que ocorre uma lixiviação intensiva dos fenóis totais (Ardon e Pringle, 2008a).

### **4.3. ESTRUTURA DA COMUNIDADE BENTÔNICA DURANTE A DECOMPOSIÇÃO**

Durante a colonização do material foliar ocorreu um predomínio de invertebrados da classe Insecta. Os dados registrados neste estudo apontaram Chironomidae, Baetidae, Simuliidae e Leptophlebiidae como táxons mais frequentes e abundantes ao longo de todo o processo de decomposição, semelhante aos resultados registrados por Carvalho e Uieda (2006), Volkmer-Ribeiro et. al. (2004) e Biasi et. al., (2013).

Com relação ao tempo de exposição do detrito foliar (15, 30 e 60 dias), este foi significativo tanto para a abundância como para a riqueza da comunidade bentônica. Para a abundância as alterações foram menos expressivas quando comparada à riqueza de organismos, a qual aumentou com o tempo de exposição do detrito foliar no riacho, semelhante ao que foi observado por Gonçalves et al. (2007). Essas variações nos atributos da comunidade podem estar relacionadas às alterações na composição química foliar e a atividade fúngica, as quais podem atuar sobre a palatabilidade do detrito disponível aos invertebrados (Graça, 2001).

Além disso, à medida que o processamento do material ocorre existe uma facilitação à colonização de várias guildas tróficas, dentre estas aquelas mais generalistas como é o caso das larvas de Chironomidae. Assim, a dominância de Chironomidae em todo período experimental (15, 30 e 60 dias), possivelmente se relacionou ao fato desses organismos serem excelentes competidores, podendo atuar como generalistas e serem tolerantes a diversas variações ambientais (Callisto et al., 2001). Em ambientes lóticos as larvas de Chironomidae podem ser encontradas em folhiços, pedras, seixos e cascalhos (Sanseverino e Nessimian, 2008).

No entanto, além de Chironomidae, os táxons de Ephemeroptera (Leptophlebiidae, Baetidae) e Diptera (Simuliidae) tiveram um grande potencial como colonizadores, o que pode ser atribuído a algumas adaptações desses organismos: corpo achatado e alongado, com pernas laterais que garantem uma maior fixação ao substrato (Ephemeroptera) e capacidade

natatória e de dispersão pela coluna d'água (Simuliidae), por se tratar de organismos coletores os Simuliidae tem a sua atuação facilitada nos tempos intermediários de decomposição (Harrison e Hildrew, 2001).

Por outro lado, os táxons que apresentaram uma abundância total inferior a 2% (Ancyliidae, Leptohyphidae, Hirudinea, Vellidae e Nematoda), possivelmente não interferiram significativamente no processamento da matéria orgânica, semelhante ao que foi verificado por Lavoie et al., (2009), mas provavelmente se alimentaram do material finamente particulado liberado com a decomposição do folhiço.



## 5 CONCLUSÃO

Podemos concluir que os fungos tiveram uma densidade mais elevada nos períodos iniciais do processo de decomposição (atuando conjuntamente aos invertebrados no processamento da matéria orgânica), e a composição taxonômica da comunidade bentônica variou ao longo de todo período amostral, em associação ao grupo trófico funcional de cada família de invertebrados.

Ao contrário do tempo de exposição do detrito, a malha utilizada não influenciou na taxa de decomposição das folhas de *Nectandra megapotamica*, sendo significativa apenas para diversidade de organismos amostrados, contrariando a hipótese inicial de que a decomposição seria mais elevada nas *litter bags* de malha grossa (10 mm).

As folhas da *N. megapotamica* atraíram muitos organismos colonizadores, tendo em vista seu potencial na recuperação de áreas degradadas, ela parece ser uma boa alternativa para ações de manejo em corpos aquáticos impactados.

## REFERÊNCIAS

- Allan, J.D.; Castillo, M.M. 2005. **Stream Ecology Structure and function of running waters**. 2 ed. Dordrecht: Springer.
- Ardon, M.; Pringle, C.M. 2008a. Do secondary compounds inhibit microbial–and-insect-mediated leaf breakdown in tropical rainforest stream, Costa Rica? **Oecol.** 155: 311-323.
- Ardon, M.; Pringle, C.M.; Eggert, S.L.; 2009b. Does leaf chemistry differentially affect breakdown in tropical vs temperate stream? Importance of standardized analytical techniques to measure leaf chemistry. **J. North Am. Benthol. Soc.** 28(2): 440-453.
- Barbosa, R. F. 2007. **Fungos conidiais associados as folhas em decomposição de *Clusia melchiori* Gleason e *C. nemorosa* G. mey em um fragmento de mata atlântica, Bahia, Brasil**. Dissertação de mestrado da Universidade Federal de Pernambuco.
- Bärlocher, F. 2005. **Sporulation by aquatic hyphomycetes**. Cap 24. p. 185–195. *In:* Methods to Study Litter Decomposition. Graça, M.A.S., Barlocher, F., Gessner, M.O. Springer.
- Begon, M.; Townsend, CR; Harper, JL. 2007. **Ecologia de indivíduos e ecossistemas**. 4ª edição. São Paulo: Artmed.
- Biasi, C.; Tonin, A. M.; Restello, R. M.; Hepp, L. U. 2013. Colonisation of leaf litter by Chironomidae (Diptera): influence of chemical quality and exposure duration in Neotropical stream. **Acta Limnol. Bras.**
- Boyero, L.; Pearson, R. G.; Dudgeon, D.; Graça, M. A. S.; Gessner, M. O.; Albarino, R. J.; Ferreira, V.; Yule, C. M.; Boulton, A. J.; Arunachalam, M.; Callisto, M.; Chauvet, E.; Ramirez, A.; Chará, J.; Moretti, M. S.; Gonçalves, J. F.; Helson, J. E.; Chará-Serna, A. M.; Encalada, A. C.; Davies, J. N.; Lamothe, S.; Cornejo, A.; LI, A. O. Y.; Buria, L. M.; Billanueva, V. D.; Zuniga, M. C. & Pringle, C. M. 2011. Global distribution of a key trophic guild contrasts with common latitudinal diversity patterns. **Ecol.** 92(9): 1839-1848.
- Callisto, M.; moreno, P.; Barbosa, F. Habitat diversity and benthic functional trophic groups at Serra do Cipó, Southeast Brazil. 2001. **Braz. J. Biol.** 61(2): 259-266.
- Carvalho, E. M & V. S Uieda. 2006. Colonization routes of benthic macroinvertebrates in a stream in southeast Brazil. **Acta Limnol. Bras.** 18(4): 367-376.
- Carvalho, P.E.R. 2006. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Curitiba: Embrapa Florestas. 1039 p.
- Cionek, Vivian de Mello. 2016. **Estrutura Trófica e Processos Ecológicos em riachos sob influência do uso do solo**. Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais do Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá.
- Costa, J.M., Souza, L.O.I., Oldrini, B.B., 2004. **Chave para identificação das famílias e gêneros das larvas conhecidas de Odonata do Brasil: comentários e registros bibliográficos (Insecta, Odonata)**. Rio de Janeiro: Museu Nacional, 99, 3-42.

- Elosegi, A.; Pozo, J. Litter INPUT. PP. 3-11. IN: M.A.S. Graça, F. Bärlocher e M.O. GESSNER (EDS.). 2005. **Methods to study litter decomposition: a practical guide**. Springer, Dordrecht, The Netherlands. 329p.
- Graça, M. A. S. 2001. The role of invertebrates on leaf litter decomposition in stream – a Review. **Int. Rev. Hydrobiol.** 86:383-393.
- Gessner, M.O.; Chauvet, E. 1994a. Importance of stream microfungi in controlling breakdown rates of leaf litter. **Ecol.** 75: 1807-1817.
- Gessner, M.O.; Chauvet, E.; Dobson, M. 1999b. A perspective on leaf litter breakdown in stream. **Oikos.** 85:377–384.
- Gessner, M.O. & Van Ryckegem, C. 2003c. Water fungi as decomposers in freshwater ecosystems. In: **Encyclopedia of Environmental Microbiology**. (Ed G. Bitton). Wiley, New York. (online edn DOI: 10.1002/0471263397.env314).
- Gonçalves, J.F.JR.; França, J.S.; Callisto, M. 2007. Dynamics of allocthonous organic matter in a tropical brazilian headstream. **Braz. Arch. Biol. Techn.** . 49:967-973.
- Gonçalves Jr, J.F.; Callisto, M. 2013. Organic-matter dynamics in the riparian zone of a tropical headwater stream in Southern Brasil. **Aquat. Bot.**, no prelo, v. xx, p. 1.
- Hammer, O.; Harper, D. A. T.; RYAN, P. D. 2001. Past: Paleontological statistics software packaged for education and data analysis. Version 1.94b. **Palaentol. Electron.** V.4, n.1, p1-9. Disponível em : <<http://folk.uio.no/ohammer/past/>> Acessado em Janeiro de 2016.
- Harrison, S. S. C. & A. G. Hildrew. 2001. Epilithic communities and habitat heterogeneity in a lake littoral. **J. Anim. Ecol.** 20: 692-707.
- IAP (Instituto Ambiental do Paraná). **Plano de Manejo do Parque Estadual de São Camilo**. Curitiba: Instituto Ambiental do Paraná. 2013. Disponível em: <<http://www.uc.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=4>>. Acesso em: 22/05/2014.
- Kobayashi, S.; Kagaya, T. 2004. Litter patch types determine macroinvertebrate assemblages in pools of a Japanese headwater stream. **J. North Am. Benthol. Soc.** 23: 78-89.
- Landeiro, V. L.; Hamada N.; Godoy/ B. S. & Melo A. S. 2010. Effects of litter patch area on macroinvertebrates assemblage structure and leaf breakdown in Central Amazonian streams. **Hydrobiologia.** 649, 355–363.
- Lavoie, I. P. J.; Dillon, S. 2009. The effect of excluding diatom taxa and reducing taxonomic resolution on multivariate analysis and stream bioassessment. **Ecol. Indic.** 9:213-225.
- Ligeiro, R.; Moretti, M. S.; Gonçalves, J. F.; Callisto, M. 2010. What is more important for invertebrate colonization in a stream with low-quality litter inputs: exposure time or leaf species? **Hydrobiologia.** V.654, pg.125-136.
- Maguran, A. E. 1988. **Ecological diversity and its measurement**. Ed. Springer. London.
- Margalef, R. 1956. Información y diversidad específica em las comunidades de organismos. **Invest. Pesq.**, v.3, pg 99-106.

Mason, C. F. 1980. **Decomposição**. Ed. Universidade de São Paulo. Ed. Pedagógica Universitária, v.18, São Paulo.

Merritt, R.W.; Cummins, K.W. 1996. Trophic Relations of Macroinvertebrates In: Hauer, F.R.; Lamberti, G.A. (Eds.). *Methods in Stream Ecology*. New York: **Academic Press**. p. 453-474.

Moulton, T. P.; Magalhaes-Fraga, S. A. P.; Brito, E. F. and Barbosa, F. A. 2010. Macroconsumers are more important than specialist macroinvertebrate shredders in leaf processing in urban forest streams of Rio de Janeiro, Brazil. **Hydrobiologia**. 638, 55–66. doi:10.1007/S10750-009-0009-1.

Mugnai, R.; Nessimian, J. L. & Baptista, D. F. 2010. **Manual de identificação de invertebrados aquáticos do estado do Rio de Janeiro**. Technical Books Editora, Rio de Janeiro, 174p.

Pérez, G. R. 1996. **Guia para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia**. Fondo Fen Colombia, Colciencias. Universidad de Antioquia, 217p.

Petersen, R. C.; Cummins, K. W. 1974. Leaf pack processing in a woodland stream. **Freshwater Biol.** 4:343-368.

Pielou, E. C. 1966. Species diversity and pattern diversity in the study of ecological succession. **Biol. Theory**. V.10, p.370-383.

R Core Team. 2012. R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>. Acesso: Dezembro de 2015.

RODRIGUES, W. C. 2015. DivEs – **Diversidade de espécies v3.0 – Guia do Usuário. Entomologistas do Brasil**. 33p. Disponível em: <http://dives.ebras.bio.br>. Acesso: Janeiro de 2016.

Sanseverino, A. M.; Nessimian, J. L. 2008. Larvas de Chironomidae (Diptera) em depósitos de folhoso submetido em um riacho de primeira ordem da Mata Atlântica (Rio de Janeiro, Brasil). **Rev. Bras. Entomol.** V.52, n.1, p95-104.

Santos, I. G. A. & Rodrigues, G. G. 2015. Colonização de macroinvertebrados bentônicos em detritos foliares em um riacho de primeira ordem na Floresta Atlântica do nordeste brasileiro. **Iheringia**, Sér. Zool., Porto Alegre, 105 (1):84-93;

-141.

suguio, K. 1973. **Introdução à sedimentologia**. São Paulo, Edgard Blücher LTDA, EDUSP – Editora Universidade de São Paulo. 317 p.

Volkmer-Ribeiro, C., D. L. Guadagnin, R. de Rosa-Barbosa, M. M. Silva, S. DRÜGGHAHN, V. L Lopes-PitonI, H. A. O. Gastal, M. P. Barros & L. V. DEMAMAN. 2004. A Polyethylenetherephthalate (PET) device for sampling freshwater benthic macroinvertebrates. **Braz. J. Bio.** 64 (3A): 531-541.

Wantzen, K.M.; Wagner, R. 2006. Detritus processing by invertebrates shredders: a neotropical-temperate comparison. **J. North Am. Benthol. Soc.**, 25:216-232.

Wantzen, K. M.; Yule, C. M.; Mathooko, J. M.; Pringle, C.M. 2008. Organic matter processing in tropical streams in tropical stream ecology. **Elsevier**.43-64.

Wentworth, C. K. 1922. A scale of grade and class terms for classic sediments. **J. Geol.**, v. 30, p. 377-392.