



UEPB

UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA

CAMPUS I

CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE

DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

RAFAELLA KAROLYNNA DANTAS LEMOS PINHEIRO

**DECOMPOSIÇÃO DE DETRITOS FOLIARES EM POÇAS REMANESCENTES DE
RIOS INTERMITENTES NO SEMIÁRIDO**

CAMPINA GRANDE

2021

RAFAELLA KAROLYNNA DANTAS LEMOS PINHEIRO

**DECOMPOSIÇÃO DE DETRITOS FOLIARES EM POÇAS REMANESCENTES DE
RIOS INTERMITENTES NO SEMIÁRIDO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao departamento de Ciências Biológicas da Universidade Estadual da Paraíba, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Licenciada em Ciências Biológicas.

Área de concentração: Ecologia Aquática.

Orientador (a): Joseline Molozzi

Coorientador (a): Marcos Medeiros Cavalcanti Júnior

CAMPINA GRANDE

2021

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

P654d Pinheiro, Rafaella Karolynna Dantas Lemos.
Decomposição de detritos foliares em poças
remanescentes de rios intermitentes no semiárido [manuscrito]
/ Rafaella Karolynna Dantas Lemos Pinheiro. - 2021.
24 p.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências
Biológicas) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de
Ciências Biológicas e da Saúde, 2021.

"Orientação : Profa. Dra. Joseline Molozzi , Coordenação
de Curso de Biologia - CCBS."

1. Ecologia aquática. 2. Funcionamento ecossistêmico. 3.
Mudanças climáticas. 4. Fatores abióticos. I. Título

21. ed. CDD 577.6

RAFAELLA KAROLYNNA DANTAS LEMOS PINHEIRO

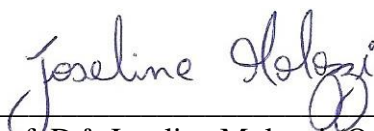
DECOMPOSIÇÃO DE DETRITOS FOLIARES EM POÇAS REMANESCENTES DE RIOS INTERMITENTES NO SEMIÁRIDO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao departamento de Ciências Biológicas da Universidade Estadual da Paraíba, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Licenciada em Ciências Biológicas.

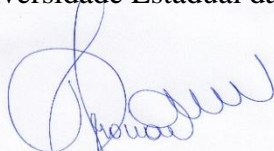
Área de concentração: Ecologia Aquática

Aprovado em: 25/10/2021

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr.ª. Joseline Molozzi (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr.ª. Dilmão Maria de Brito Melo Trovão (Banca examinadora)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Ma. Érica Luana Ferreira Álvaro (Banca examinadora)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Ao meu amado Deus, que me possibilitou chegar até aqui e guiou meus passos para o melhor caminho, eu te amo, meu pai! As minhas filhas e a minha mãe que sempre estiveram comigo e são a razão da minha existência!

Dedico a vocês o meu trabalho!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao meu Deus, que me deu o dom da vida e por me dar forças em todos os momentos, por me dar saúde e abrir e me orientar no melhor caminho. Por ser esse Deus tão maravilhoso e grandioso na minha vida, eu te agradeço, meu Deus.

Agradeço a minha família, que sempre esteve comigo na alegria e na tristeza, sempre me ensinando quão grande é o amor entorno de uma família.

Agradeço imensamente a minha mãe e a Deus por me ter concedido a honra de ser gerada e educada por ela. A senhora é uma rainha, que eu me espelho, me mostra como uma mulher pode ser tão forte e pode ser tão guerreira a cuidar dos seus filhos com unhas e dentes. Eu te amo muito! E também agradeço ao meu Pai, por ter me concedido oportunidades na vida para ser o melhor que eu pudesse, eu também amo você!

Agradeço a minha avó, Alzira, essa mulher incrível que também me criou, educou e grande parte do que sou hoje é dedicada à senhora, uma mulher com uma sabedoria sem igual, agradeço a Deus por sua vida e por eu ter a honra de ser sua neta. Eu te amo, Vó!

A minha Tia e madrinha, Márcia, que também me criou e me ensinou tudo que sou hoje, a senhora é um exemplo de mulher, mãe e amiga. Eu te amo muito!

Aos meus irmãos, Phelipe, Poliana e Carlos, eu agradeço imensamente, vocês me ensinaram que ser irmão é proteger, cuidar, amparar e ser cúmplice independente da situação kkkk eu amo muito vocês!

As minhas filhas, Maria Yasmin e Ana Letícia, vocês são tudo pra mim, tudo que eu sou, faço, farei, existo... o motivo são vocês, também agradeço a Deus por ter me dado a honra de ser mãe de duas princesas tão maravilhosas, cada uma com seu jeitinho mas me completam de uma forma inexplicável. Eu não sei expressar a imensidão do amor que sinto por vocês, obrigada por me mostrar o sentido da vida!

Ao meu esposo, Iraildo, você é incrível! Obrigada por esta comigo em todos os momentos mostrando sua lealdade e companheirismo para comigo. Obrigada por cuidar e regar o nosso amor que fez crescer em tão pouco tempo.

Agradeço aos meus companheiros de graduação, a panela de aço, Laryssa, Joana, Sabrina, Tatielle, Anderson e Cláudio. Vocês são pessoas incríveis que me ajudaram nos piores momentos e por nossa lealdade até o fim. Que saudades eu vou sentir de vocês, fazem parte da minha história e estão gravados em um canto especial no meu coração.

A todo o LEB, eu agradeço, por todo conhecimento adquirido. A Joseline, minha orientadora e professora, que me ensinou o dom de fazer e transmitir com excelência aquilo que amamos fazer, você é um exemplo de mestre e doutora. A Marcos, meu coorientador, que me ajudou em todo processo me dando todo suporte, sou muito grata por todo ensinamento, paciência e amizade. A climélia, que se tornou membro da minha família e que irei levar para o resto da minha vida, você é muito especial. Em especial, também agradeço a Eralayne, Maria Eduarda, Vitória, Érica, Regina e Valeska, por todo companheirismos e risadas nas nossas tardes de trabalhos.

Por fim, agradeço a mim mesma, por não ter desistido e por tirar forças de onde não tinha para continuar e chegar onde estou hoje, obrigada!

Trabalhas como se vivesses para sempre.
Ama como se fosses morrer hoje.

Seneca

RESUMO

A decomposição é um processo essencial para o funcionamento dos ecossistemas que integra fatores bióticos (abundância de decompositores) e fatores abióticos (composição química e física do detrito e características ambientais). Tendo em vista a mudança climática e o aumento da intermitência em rios de todo o mundo, e conseqüentemente da fase de poças, é fundamental entender quais variáveis físicas e químicas desses sistemas controlam o processo de decomposição de detritos foliares e também a diferença das taxas de decomposição foliar entre os rios estudados. Nesse estudo esperávamos que a perda de massa foliar respondesse às alterações em variáveis físicas e químicas de poças de rios intermitentes no semiárido brasileiro. O estudo foi desenvolvido nos rios intermitentes Paraíba, Boa Vista, Gurinhém e Gurinhzinho. Coletamos folhas senescentes de *Aspidosperma pyrifolium* Mart. (pereiro) durante o início do período seco da região. As folhas foram secas naturalmente, pesadas e incubadas em *litter bags* instalados em quatro poças dos rios estudados. As variáveis ambientais analisadas foram os cátions (sódio, amônia, potássio, cálcio e magnésio), ânions (fluoreto, cloreto, nitrito, brometo, nitrato, fosfato e sulfato), sólidos dissolvidos, oxigênio dissolvido, clorofila-a, pH e turbidez. Verificamos que apenas o oxigênio dissolvido e o fluoreto foram significativamente correlacionados com as taxas de decomposição foliar. As taxas de decomposição foliar não variaram entre os ambientes aquáticos dos rios estudados, mas a massa remanescente dos detritos foliares foi significativamente diferente. Com isso, obtemos que a decomposição foi influenciada pelo oxigênio dissolvido e pelo fluoreto. Menores valores de oxigênio dissolvido, comum à fase de poças, limitam a atividade biótica no detrito e reduziram o processo de decomposição nos rios Boa vista, Gurinhzinho e no Paraíba. Os maiores valores de oxigênio dissolvido no rio Gurinhém ajudam a explicar as maiores taxas nesse rio. O fluoreto é intensificado por altas temperaturas e pode ter atuado na decomposição indiretamente retardando o processo, pois tem ação tóxica afetando microrganismos presentes no sistema. Concluímos que modificações nos ambientes aquáticos que promovam redução nos teores de oxigênio dissolvido como atividades antrópicas ou a redução no regime de fluxo comum à rios intermitentes podem influenciar no processo de decomposição foliar.

Palavras-chave: Fatores abióticos. Funcionamento ecossistêmico. Mudanças climáticas. Perda de massa. Litter bags.

ABSTRACT

Decomposition is an essential process for the functioning of ecosystems that integrates biotic factors (abundance of decomposers) and abiotic factors (chemical and physical composition of the debris and environmental characteristics). In view of climate change and increased intermittence in rivers around the world, and consequently the puddle phase, it is essential to understand which physical and chemical variables of these systems control the decomposition process of leaf debris and also the difference in rates of leaf decomposition among the studied rivers. In this study, we expected that leaf mass loss would respond to changes in physical and chemical variables of intermittent river pools in the Brazilian semiarid region. The study was carried out in intermittent rivers Paraíba, Boa Vista, Gurinhém e Gurinhenzinho. We collect senescent leaves from *Aspidosperma pyrifolium* Mart. (pear). during the beginning of the region's dry period. The leaves were naturally dried, weighed and incubated in litter bags installed in four pools of the studied rivers. The environmental variables analyzed were cations (sodium, ammonia, potassium, calcium and magnesium), anions (fluoride, chloride, nitrite, bromide, nitrate, phosphate and sulfate), dissolved solids, dissolved oxygen, chlorophyll-a, pH and turbidity. We found that only dissolved oxygen and fluoride were significantly correlated with leaf decomposition rates. Leaf decomposition rates did not vary among the aquatic environments of the studied rivers, but the remaining mass of leaf debris was significantly different. Thus, we obtain that the decomposition was influenced by dissolved oxygen and fluoride. Lower values of dissolved oxygen, common to the puddle phase, limit the biotic activity in the debris and reduce the decomposition process in rivers Boa vista, Gurinhenzinho e no Paraíba. The higher values of dissolved oxygen in the Gurinhém River help to explain the higher rates in this river. Fluoride is intensified by high temperatures and may have indirectly acted in the decomposition, slowing the process, as it has a toxic action affecting microorganisms present in the system. We conclude that modifications in aquatic environments that promote a reduction in dissolved oxygen levels such as anthropogenic activities or a reduction in the flow regime common to intermittent rivers can influence the leaf decomposition process.

Keywords: Abiotic factors. Ecosystem functioning. Climate changes. Weight loss. Litter bags.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	METODOLOGIA	12
2.1	Área de Estudo	12
2.2	Desenho experimental	12
2.3	Decomposição de detritos foliares	13
2.4	Parâmetros da água	13
2.5	Análises de dados	14
3	RESULTADOS	16
4	DISCUSSÃO	19
5	CONCLUSÃO	21
	REFERÊNCIAS	22

1 INTRODUÇÃO

A decomposição é um processo essencial para o funcionamento dos ecossistemas, uma vez que é o mecanismo central para o fluxo de energia e ciclagem da matéria orgânica entre os diferentes níveis tróficos (WARING, 2013). Em ecossistemas aquáticos a matéria orgânica pode ter origem autóctone, resultado de atividade fotossintética, ou alóctone, quando oriunda da zona ripária (ALLAN; CASTILLO, 2007). Dentre as fontes alóctones, as folhas da vegetação ripária são uma parcela importante de matéria orgânica (GONÇALVES; CALLISTO, 2013), essenciais para a manutenção das redes alimentares do metabolismo aquático (VAN-NOTE et al., 1980; FRAUENDORF et al., 2013).

Classicamente, a decomposição de detritos foliares pode ser dividida em etapas essencialmente complementares: lixiviação de compostos solúveis, decomposição microbiana e fragmentação por invertebrados (GESSNER et al., 1999; ABELHO, 2001; GRAÇA, 2001; EGGERT E WALLACE, 2003; GONÇALVES et al. 2006). O processo de decomposição é determinado por fatores de natureza biótica, como a abundância de decompositores, e de natureza abiótica, como a composição química e física (qualidade) do detrito e também características ambientais (GIEBELMAN et al. 2011; MAKKONEM et al. 2012). Dessa forma, a decomposição é um processo integrado, que conecta a vegetação ripária, as atividades microbianas e de invertebrados aquáticos aos fatores físicos e químicos dos ecossistemas aquáticos (PASCOAL et al. 2003).

Nesse contexto, o papel dos invertebrados fragmentadores é de grande importância no processo de decomposição foliar (GRAÇA, 2001; GONÇALVES et al., 2006B; LANDEIRO et al., 2010). Entretanto, estudos demonstram que a abundância de fragmentadores é baixa em regiões tropicais devido a características como as elevadas temperaturas (ALLAN & FLECKER, 1993; DUDGEON et al., 2006). Logo, os microrganismos e os fatores ambientais são considerados os principais reguladores do processo de decomposição nessas regiões (DOBSON ET AL, 2002; GONÇALVES et al., 2006B; BOYERO et al., 2012).

Em regiões onde os ecossistemas aquáticos apresentam interrupção no fluxo hídrico, como é o caso de rios intermitentes, os fatores ambientais são bruscamente alterados ao longo do tempo (DATRY, LARNED E TOCKNER et al., 2014). Nesses sistemas formação de poças remanescentes ganham um papel chave no processamento da matéria orgânica, uma vez que os detritos que entram no sistema aquático podem aumentar as concentrações de nutrientes e a produtividade primária, o que causa uma diminuição progressiva nos níveis de oxigênio e na atividade biótica dos decompositores (STANLEY et al., 1997; SCHILLER et al.,

2011). Nesses sistemas os maiores coeficientes de decomposição estão relacionados com maiores valores de temperatura (WEBSTER E BENFIELD 1986) e menores valores de oxigênio dissolvido (BJELKE 2005). Assim, as variações sazonais no regime de fluxo modificam as taxas de decomposição (WEBSTER E BENFIELD, 1986) e a velocidade da água, que exerce uma atividade de fragmentação física do tecido foliar em decomposição (FERREIRA et al, 2006). Baixos teores de oxigênio dissolvido reduzem a atividade dos organismos nas poças (ALLAN & FLECKER, 1993; DUDGEON et al., 2006), especialmente os que participam do processo de decomposição como microrganismos e invertebrados aquáticos (WEBSTER e BENFIELD, 1986). Assim, a concentração de OD pode controlar as taxas decomposição dos detritos foliares acelerando ou retardando a atividade biótica (STUBBINGTON, et al., 2017).

Uma vez que o regime de fluxo intermitente tende a aumentar em rios em todo o mundo devido às mudanças climáticas e à influência antrópica (DATRY, LARNED E TOCKNER, 2014). Assim, é fundamental entender o papel da variação nos parâmetros ambientais sobre o processamento de detritos foliares e também verificar se houve diferença na taxa de decomposição foliar entre os rios estudados. Sabendo que as condições ambientais estão diretamente ligadas às taxas de decomposição e, conseqüentemente, à ciclagem de nutrientes (TREVISAN E HEPP, 2007), nós incubamos folhas de *Aspidosperma pyrifolium* em poças formadas de rios intermitentes no semiárido brasileiro. Nesse contexto, nós esperávamos que a perda de massa foliar respondesse às alterações dos teores de oxigênio dissolvido em poças de rios intermitentes no semiárido brasileiro.

2 METODOLOGIA

2.1 Área de Estudo

O presente estudo foi desenvolvido nos rios Paraíba, Boa Vista, Gurinhém e Gurinhém (Figura 1) localizados na bacia hidrográfica do Rio Paraíba que é uma das maiores e mais importantes bacias hidrográficas do semiárido brasileiro (XAVIER et al., 2012).

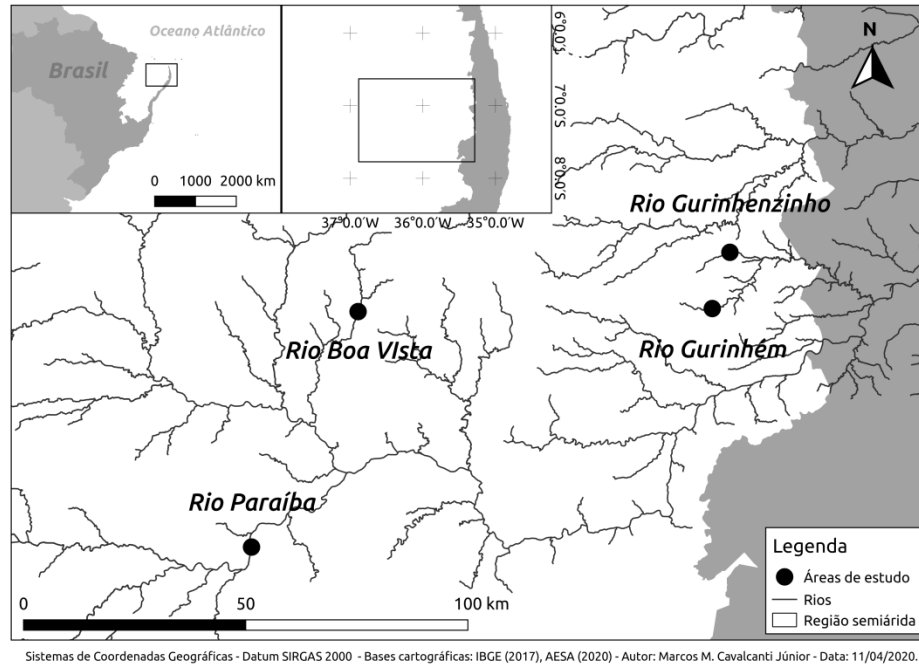


Figura 1- Mapa com a localização das áreas de estudo nos rios Boa vista, Gurinhém, Gurinhém e Paraíba/PB, Brasil.

O rio Paraíba tem suas características hidrológicas condicionadas pelo clima semiárido seco (ALVARES et al., 2013) o que determina o regime intermitente do rio (SILVA, 2003). Atualmente, o rio é receptor final de uma obra de transposição entre diferentes bacias hidrográficas conhecida como Transposição do Rio São Francisco. Entretanto, as obras ainda não estão em fase de operação, e a fase de poças permanece frequente no rio.

Os rios Boa Vista, Gurinhém e Gurinhém também são caracterizados pelo clima semiárido seco. Os rios localizam-se próximos à centros urbanos importantes no semiárido brasileiro (por exemplo, Campina Grande) e também apresentam caráter intermitente, com formação de poças remanescentes durante o período seco.

2.2 Desenho experimental

Utilizamos folhas senescentes de *Aspidosperma pyrifolium* Mart. (pereiro), uma espécie nativa da vegetação ripária do semiárido brasileiro (BESSA; MEDEIROS, 2011; OLI-

VEIRA et al, 2013). As folhas de *A. pyrifolium* são um bom modelo para a decomposição de detritos foliares uma vez que já foram testadas em outro estudo na região semiárida brasileira e possuem dados disponíveis de suas taxas de decomposição ao longo do tempo (CAVALCANTI JÚNIOR, et al., 2018).

As folhas foram coletadas com redes suspensas abaixo da copa das árvores durante o início do período seco da região, época de queda foliar. Posteriormente, as folhas foram secas ao ar livre (25 °C), pesadas ($2,5 \pm 0,1$ g) e incubadas em *litter bags* (15 x15 cm) com abertura de malha de 10 mm, devidamente enumerados para posterior identificação.

O experimento foi realizado durante a estação seca de 2018 (de agosto a novembro), período em que os rios apresentavam-se na fase de poças desconectadas ao longo de seu leito. Durante esse período não foram verificados eventos chuvosos que representassem aumento no volume de água das poças. Assim, três réplicas de *litter bags* foram instalados em quatro poças nos rios estudados (3 réplicas x 4 poças x 4 rios = 48 *litter bags*). Após 30 dias os *litter bags* foram removidos cautelosamente, armazenados em sacos plásticos e conduzidos em um cooler refrigerado para o laboratório.

2.3 Decomposição de detritos foliares

No laboratório os detritos foliares foram lavados individualmente sob bandejas e, logo após, secos em estufa (60°C/72h) e pesados em balança de precisão para obtenção da massa remanescente.

2.4 Parâmetros da água

Amostras de água foram coletadas na subsuperfície das poças nos mesmo pontos de incubação dos *litter bags* com auxílio de garrafas plásticas (200 mL) para determinação da concentração de clorofila-a ($\mu\text{g/L}$) e mais 200 mL em garrafa comum para determinação da concentração dos sólidos dissolvidos (suspensos totais, fixos e voláteis). Além disso, ainda em campo foram filtrados 30 mL de água em cada ponto depositados em três tubos Falcon (15 mL) com o auxílio de filtros de fibra de vidro (Millipore® de 47 mm e 46 μm de abertura), uma seringa comum (20 mL) e um adaptador para filtros para determinação das concentrações de cátions (sódio mg/L, amônia mg/L, potássio mg/L, cálcio mg/L, magnésio mg/L), ânions (fluoreto mg/L, cloreto mg/L, brometo mg/L, nitrato mg/L, fosfato mg/L, sulfato mg/L).

As amostras armazenadas em tubos Falcon foram refrigeradas e transportadas até laboratório onde foram congeladas até as análises. Em laboratório, foi feita análise de clorofila-a

determinada espectrofotometricamente (ARNON 1949). Para estimativa dos sólidos dissolvidos (suspensos totais, fixos e voláteis) os filtros foram levados à estufa (80°C/12 horas) e pesados para determinação dos sólidos suspensos totais. Logo após foram sujeitos à combustão no forno mufla (550°C/4 horas) para determinação dos sólidos fixos. A obtenção dos sólidos voláteis se deu por meio da diferença entre os sólidos totais e fixos (APHA, 2007). Para pH foi analisado utilizando o auxílio do medidor de bancada (Q400HM Quimis®). A turbidez (NTU) foi mensurada utilizando o turbidímetro, modelo AP 2000 da Poli Control, e o oxigênio dissolvido (OD) utilizando o oxímetro modelo Q758P da QUIMIS®. Para a quantificação de nutrientes dissolvidos, as amostras filtradas em campo e congeladas foram analisadas em cromatógrafo iônico (930 Compact IC Flex ©Metrohm), utilizando colunas específicas para cátions (sódio mg/L, amônia mg/L, potássio mg/L, cálcio mg/L, magnésio mg/L), ânions (fluoreto mg/L, cloreto mg/L, nitrito mg/L, brometo mg/L, nitrato mg/L, fosfato mg/L, sulfato mg/L). A determinação dos cátions é feita na coluna MetroSep C4 250 / 4.0 mm utilizando ácido nítrico 1,7 mM / ácido dipololínico 0,7 mM como eluente com detecção de condutividade não suprimida. A determinação da amostra de ânions é feita na coluna MetroSep A Supp 5 250 / 4,0 mm usando 3,2 mmol / L de carbonato de sódio e 1 mmol/L de bicarbonato de sódio como eluente, com detecção de condutividade suprimida. Todas as análises foram feitas na Universidade de Brasília no Laboratório de Limnologia da Universidade de Brasília.

2.5 Análises de dados

Para determinar o coeficiente de decomposição dos detritos foliares utilizamos o modelo exponencial negativo $W_t = W_0 \times e^{-kt}$ em que W_t é a massa remanescentes dos detritos no tempo (30 dias no nosso caso), W_0 é a massa inicial, e k é o coeficiente de decomposição (WEBSTER E BENFIELD, 1986). Utilizamos Análises de Variância (ANOVA *one-way*) para verificar a variação das taxas de decomposição entre os rios. Previamente, realizamos testes de normalidade de Shapiro-Wilk e testes-F de variância.

Para analisar se existiam diferenças das variáveis ambientais entre os rios foram realizadas Análises de Variância Multivariada Permutacional (perMANOVA), com nível de significância em $\alpha \leq 0,05$ e testes com 9999 permutações (ANDERSON, 2001; ANDERSON et al., 2008). Para análise da relação das variáveis ambientais com a taxa de decomposição, primeiramente removemos as variáveis ambientais colineares por meio de análises de correlação e cálculo do Fator de Inflação da Variância (VIF). As variáveis resposta (massa remanescente e taxa de decomposição) foram transformadas em $\log(x + 1)$ para normalização dos dados.

Todos os valores dos parâmetros ambientais foram padronizados utilizando o método *scale*, com o objetivo de manter os parâmetros em escalas semelhantes para evitar o enviesamento dos valores de cada variável. Assim, verificamos a influência das variáveis ambientais selecionadas sobre as taxas de decomposição dos sistemas aquáticos por meio de uma regressão linear múltipla. Utilizamos o método de seleção de variável *Forward Stepwise*, que inicia o modelo sem variáveis e vai adicionando uma a uma enquanto verifica o quanto a adição de cada uma das variáveis melhora a acurácia do modelo. Esse procedimento é repetido até que não se possa mais melhorar a acurácia do modelo. A normalidade dos resíduos do modelo foi verificada utilizando um teste Shapiro-Wilk. Todas as análises foram realizadas no software "R" (R CORE TEAM, 2016) com auxílio do RStudio e dos pacotes “*vegan*” (OKSANEN et al., 2012), “*usdm*” e “*faraway*”.

3 RESULTADOS

A taxa de decomposição dos ambientes aquáticos foi em média, $k = -0,02058$ ($R^2 = 0,7434$). Após 30 dias de experimento a velocidade de decomposição obtida no ambiente aquático entre os rios foi: Paraíba ($k = -0,01561$) < Boa Vista ($k = -0,01802$) < Gurinhenzinho ($k = -0,01989$) < Gurinhém ($k = -0,02880$) (figura 2).

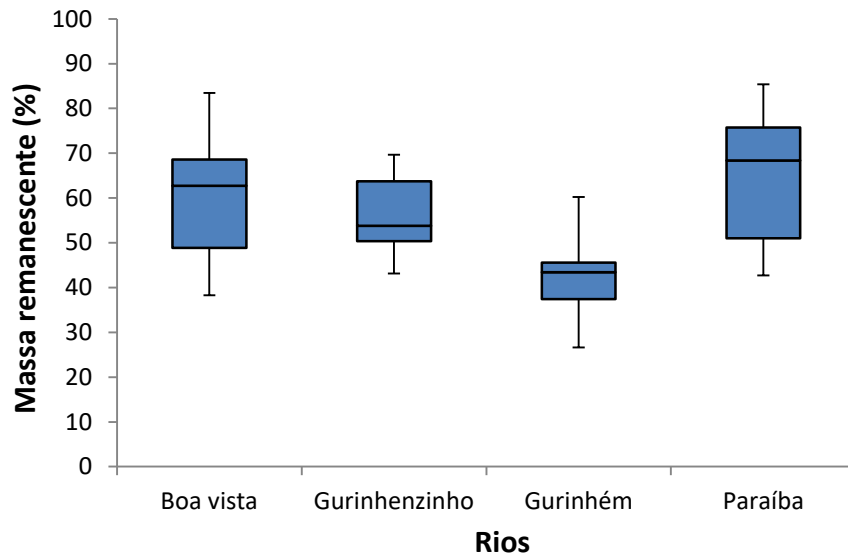


Figura 2- Massa remanescente (%) em média (\pm EP) de detritos foliares de *Aspidosperma pyrifolium* incubados no ambiente aquático nos rios Boa Vista, Gurinhenzinho, Gurinhém e Paraíba no semiárido brasileiro.

As taxas de decomposição foliar não variaram entre os ambientes aquáticos dos rios estudados (ANOVA: $F_{3,16}=3,05$; $p=0,07$), mas a massa remanescente dos detritos foliares foi significativamente diferente (ANOVA: $F_{3,64}=4,71$; $p<0,05$) (Tabela 2).

Tabela 2- Valores de massa remanescente e taxa de decomposição após 30 dias de *Aspidosperma pyrifolium* (média \pm DP) nos rios Boa Vista, Gurinhém, Gurinhenzinho e Paraíba. * indica resultado estatisticamente significativo da ANOVA ($p<0,05$). Letras sobrescritas (A e B) indicam diferenças apontadas pelo teste de Tukey.

Rio	Massa remanescente (%)	Taxa de decomposição (k^{-1})	R^2
Boa Vista	59,821 \pm 13,942 ^A	-0,01802 \pm 0,008	0,72
Gurinhém	43,007 \pm 8,844 ^B	-0,028796 \pm 0,005	0,90
Gurinhenzinho	62,348 \pm 16,572 ^A	-0,01675 \pm 0,006	0,68
Paraíba	60,957 \pm 17,102 ^A	-0,01783 \pm 0,007	0,63
Total	56,533 \pm 16,113*	-0,02035 \pm 0,008	

Dentre as variáveis ambientais analisadas (Tabela 1), o oxigênio dissolvido ($p < 0,01$) e o fluoreto ($p < 0,01$) foram significativamente correlacionados com a taxa de decomposição foliar e a massa remanescente. A existência de colinearidade foi verificada entre os seguintes parâmetros ambientais: clorofila-a, sódio, potássio, sulfato, sólidos fixos e sólidos voláteis. Além disso, as variáveis ambientais foram significativamente diferentes entre os rios analisados (PerMANOVA: $F=3,977_{3,20}$; $p < 0,001$).

Tabela 1- Variáveis ambientais (média±desvio padrão) analisadas nos rios Boa vista, Gurinhém, Gurinhenzinho e Paraíba no semiárido brasileiro. Coletas realizadas em 2018

	Boa vista	Gurinhém	Gurinhenzinho	Paraíba
Temperatura (°C)	25.25±2.22	26.75±2.22	26.50±1.29	29.50±1.29
Turbidez (mg/L)	17.30±10.89	27.55±9.92	122.90±47.37	93.07±125.87
pH (mg/L)	8.31±0.42	8.40±0.010	8.03±0.92	9.19±0.46
Oxigênio dissolvido (mg/L)	3.95±1.30	8.35±0.59	4.93±2.57	5.58±0.33
Clorofila-a (mg/L)	111.11±50.96	86.73±64.0	564.15±424.53	85.73±73.92
Sódio (mg/L)	32.43±1.66	33.49±15.36	40.26±1.55	21.02±1.91
Amônia (mg/L)	0.52±0.010	0.73±0.10	0.27±0.03	0.77±0.04
Potássio (mg/L)	3.72±0.33	3.48±0.33	5.99±0.43	4.18±0.53
Magnésio (mg/L)	0.48±0.04	0.42±0.28	0.60±0.0	0.61±0.0
Cálcio (mg/L)	15.40±3.02	19.46±6.37	17.34±2.07	15.96±2.26
Fluoreto (mg/L)	0.38±0.16	0.32±0.08	0.23±0.07	0.39±0.14
Cloreto (mg/L)	0.31±0.01	0.40±0.09	0.55±0.04	0.42±0.05
Brometo (mg/L)	2.84±1.07	3.14±0.55	2.22±0.29	4.76±2.68
Nitrato (mg/L)	0.13±0.19	0.05±0.03	0.11±0.02	0.09±0.06
Fosfato (mg/L)	0.02±0.01	0.02±0.02	0.02±0.01	0.02±0.01
Sulfato (mg/L)	5.39±1.03	3.87±0.90	13.36±2.03	1.58±0.44
Sólidos Voláteis (mg/L)	0.02±0.02	0.01±0.0	0.02±0.01	0.01±0.01
Sólidos Fixos (mg/L)	0.03±0.02	0.0±0.0	0.02±0.01	0.01±0.0

4 DISCUSSÃO

Corroborando com nossa hipótese, o oxigênio dissolvido teve relação positiva com a decomposição dos detritos foliares incubados nos rios. A introdução de oxigênio dissolvido (OD) no corpo hídrico pode ocorrer através da fotossíntese ou do próprio contato do ar atmosférico (CETESB, 2009). As concentrações de oxigênio durante a fase de poças variam de acordo com a temperatura e com a produtividade primária (GÓMEZ et al., 2017). Baixos teores de oxigênio dissolvido reduzem a atividade dos organismos nas poças (ALLAN & FLECKER, 1993; DUDGEON et al., 2006), especialmente os que participam do processo de decomposição como microrganismos e invertebrados aquáticos (WEBSTER e BENFIELD, 1986). Assim, a concentração de OD pode controlar as taxas de decomposição dos detritos foliares acelerando ou retardando a atividade biótica (STUBBINGTON, et al., 2017).

As altas concentrações de oxigênio dissolvido no rio Gurinhém em relação aos outros rios podem explicar as maiores taxas de decomposição encontradas nesse rio. Visualmente verificamos que os rios Boa vista, Gurinhenzinho e Paraíba não apresentam uma vegetação ciliar densa e estão mais próximos de ocupações humanas como fazendas e cidades. Estudos demonstram que a descarga de esgoto ou o carreamento de material do solo após eventos de chuva pode reduzir as taxas de decomposição, devido a características limnológicas (maior turbidez e concentração de sais e menores teores de oxigênio) que reduzem ou impedem a atividade biótica (PASCOAL C., CÁSSIO F., 2004). Assim, a presença de uma vegetação ciliar mais densa no rio Gurinhém pode ter favorecido melhores características limnológicas para a biota, como maiores concentrações de oxigênio dissolvido, e acelerado a decomposição de detritos em relação aos outros rios.

Nós também verificamos uma relação negativa do íon fluoreto com as taxas de decomposição dos detritos foliares nas poças remanescentes. O fluoreto é um íon de carga negativa presente nas poças de rios intermitentes onde esta pesquisa foi desenvolvida. A presença de fluoreto é tóxica para os organismos aquáticos e é intensificada com o aumento da temperatura, levando a morte de organismos como invertebrados e microrganismos ou redução de sua atividade reprodutiva (LEBLANC, 1980; DAVE, 1984; FIESER ET AL., 1986; KUHN et al., 1989; CAMARGO AND TARAZONA, 1990; CAMARGO, 1991B; CAMARGO ET AL., 1992 a,b). A relação negativa pode então ser justificada pela redução da atividade biótica de invertebrados ou microrganismos. Essa relação ficou evidente no rio Paraíba que apresentou

a maior média de concentração de fluoreto (0,39 mg/L) e a menor de taxa de decomposição foliar ($k = -0,01561$).

A taxa de decomposição (k) foliar obtida após 30 dias de experimento não diferiu entre os rios. O valor da taxa de decomposição (k) nos rios estudados também foram semelhantes a outros trabalhos realizados em regiões semiáridas (MITRE, 2011). Rezende (2018) também avaliou o processo de decomposição foliar em reservatórios no semiárido e chegou a coeficientes de decomposição similares aos que encontramos na presente pesquisa. Em comparação com outro estudo de decomposição foliar em um riacho na região semiárida brasileira também utilizando a *A. pyrifolium* como modelo, as taxas aqui encontradas foram mais lentas. Em 30 dias de experimento as folhas foram quase que 100% decompostas (CAVALCANTI JÚNIOR, et al., 2018). No entanto deve-se levar em consideração que a intermitência dos rios aqui estudados retardaram a perda de massa foliar. Assim, as taxas de decomposição verificadas no nosso estudo estão de acordo com o encontrado na literatura para ambientes aquáticos de regiões semiáridas.

Em relação ao modelo foliar utilizado para nosso experimento, *A. pyrifolium* possui grande valor nutricional para os organismos aquáticos por apresentar grandes concentrações de nitrogênio e baixa dureza em relação a outros detritos foliares na região (CAVALCANTI JÚNIOR, et al., 2018). Por outro lado, em ambientes semiáridos onde não existe muita entrada de material orgânico alóctone nos sistemas aquáticos durante a estação seca os recursos que estão disponíveis podem ser utilizados mais como substrato e abrigo para invertebrados aquáticos do que como recurso alimentar (CAVALCANTI JÚNIOR et al., 2018). E embora não tenhamos avaliado a atividade decompositora do componente biótico, reforçamos a necessidade de entender a importância relativa dos fatores abióticos e bióticos (microrganismos e invertebrados) para a decomposição em sistemas aquáticos semiáridos.

Em regiões semiáridas a evaporação excede a precipitação o que sustenta a formação e secagem de poças remanescentes, particularmente durante secas prolongadas que é uma característica dessa região (BARBOSA et al., 2012). Várias questões ainda precisam ser analisadas sobre o processo de decomposição foliar em regiões semiáridas, especialmente em ecossistemas aquáticos com característica de intermitência. A redução na taxa de processamento da matéria orgânica durante a fase de poças e sua consequência para as teias alimentares aquáticas merece especial atenção em um cenário de aumento dos regimes de intermitência no mundo.

5 CONCLUSÃO

A decomposição de detritos foliares da *Aspidosperma pyrifolium* em poças temporárias de rios intermitentes no semiárido brasileiro foi positivamente influenciada pelo oxigênio dissolvido e negativamente pelo fluoreto. A taxa de decomposição após 30 dias de experimento foi relativamente igual a verificada em outros estudos realizados em regiões semiáridas no mundo. Os rios que tiveram as maiores taxas de decomposição foram o rio Gurinhém e o rio Gurinhenzinho, os rios Boa vista e Paraíba obtiveram os menores valores das taxas de decomposição. Por fim, ressaltamos a importância da vegetação ciliar na manutenção de características limnológicas importantes para a decomposição dos detritos foliares e reforçamos a necessidade de pesquisas sobre o processo da matéria orgânica na região semiárida.

REFERÊNCIAS

- ABELHO, M. From litterfall to breakdown in stream: A Review. **The Scientific World**. v.1 p.658-680. 2001.
- ALLAN, J.D.; CASTILLO, M.M.,. Stream Ecology: Structure and Function of Running Waters. **Netherlands. Springer**. 2 ed., 2007. p. 436
- ALLAN J.D. & FLECKER A.S. Biodiversity conservation in running waters. **BioScience**. v.43 p.32–43. 1993.
- APHA - American Public Health Association, Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater. 2540 Solids. 2017.
- ARNON DI., 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiol**. v.24 p.1–15. www.plantphysiol.org. Last accessed 27/07/2020
- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; LEONARDO, J.; GONÇALVES, M.; SPAROVEK, G. 2013. Köppen's climate classification map for Brazil.
- BOYERO, L.; PEARSON, R.G.; DUDGEON, D.; GESSNER, M.O.; BOULTON, A.J.; CHAUVET, E.; YULE, C.M.; ALBARIÑO, R.J.; RAMÍREZ, A.; HELSON, J.E.; CALLISTO, M.; ARUNACHALAM, M.; CHARÁ, J.; FIGUEROA, R.; MATHOOKO, J.M.; GONÇALVES, J.F.JR.; MORETTI, M.S.; CHARÁ-SERNA, A.M.; DAVIES, J.N.; ENCALADA, A.; LAMOTHE, S.; BURIA, L.M.; CASTELA, J.; CORNEJO, A.; LI, A.O.Y.; M'ERIMBA, C.; VILLANUEVA, V.D.; DEL CARMEN ZÚÑIGA, M.; SWAN, C.M.; BARMUTA, L.A., 2012. Global patterns of stream detritivore distribution: implications for biodiversity loss in changing climates. **Global Ecology and Biogeography**. v.21 p.134-141.
- CAMARGO, J.A., 1991b. Ecotoxicological study of the influence of an industrial effluent on a net-spinning caddisfly assemblage in a regulated river. **Water Air Soil Pollut**. v.60 p.263–277.
- CAMARGO, J.A., WARD, J.V., MARTIN, K.L., 1992a. The relative sensitivity of competing hydropsychid species to fluoride toxicity in the Cache la Poudre River (Colorado). **Arch. Environ. Contam. Toxicol**. v.22 p.107– 113
- CAMARGO, J.A., TARAZONA, J.V., 1990. Acute toxicity to freshwater macroinvertebrates of fluoride ion (F) in soft water. **Bull. Environ. Contam. Toxicol**. v.45 p.883–887
- DATRY, THIBAUT; LARNED, SCOTT T.; TOCKNER, KLEMENT, 2014. Intermittent rivers: a challenge for freshwater ecology. **BioScience**. v. 64 p. 229-235,.
- DAVE, G., 1984. Effects of fluoride on growth, reproduction and survival in *Daphnia magna*. **Comp. Biochem. Physiol**. v.78 p.425–431.
- DUDGEON D, et al., 2006. Freshwater biodiversity: Importance, threats, status and conservation challenges. **Biological Reviews**. v.81 p.163–182.

- DOBSON, M.; MAGANA, A.; MATHOOKO, J.M.; NDEGWA, F.D., 2002. Detritivores in Kenyan highland streams: more evidence for the paucity of shredders in the tropics? **Freshwater Biology**. v.47 p.909-919
- EGGERT, S.L. e WALLACE, J.B. 2003. Litter breakdown and invertebrate detritivores in a resource-depleted Appalachian stream. **Archiv für Hydrobiologie**. v.156 p.315-338.
- FERREIRA V, GULIS V, GRAÇA MAS, 2006. Whole-stream nitrate addition affects litter decomposition and associated fungi but not invertebrates. **Oecologia**. v.149 p.718–729
- FIESER, A.H., SYKORA, J.L., KOSTALOS, M.S., WU, Y.C., WEYEL, D.W., 1986. Effect of fluorides on survival and reproduction of *Daphnia magna*. **J. Water Pollut. Control Fed.** v.58 p.82–86.
- GRAÇA, M. A. S., 2001: The Role of Invertebrates on Leaf Litter Decomposition in Streams – a Review. – Internat. **Rev. Hydrobiol.** v.86 p.383–393
- GESSNER, M.O.; CHAUVET, E. e DOBSON, M. 1999. A perspective in leaf litter breakdown in stream. **Oikos**. v.85 p.377-384.
- GIEBELMANN, U.C., MARTINS, K.G., BRÄNDLE, M., SCHÄDLER, M., MARQUES, M., BRANDL, R. 2001. Lack of home-field advantage in the decomposition of leaf litter in the Atlantic Rainforest of Brazil. **Applied Soil Ecology**. v.49 p.5– 10.
- GÓMEZ, R.; ARCE, M.I.; BALDWIN, D.S.; DAHM, C.N. 2017. Water Physicochemistry in Intermittent Rivers and Ephemeral Streams. **Elsevier Inc.**
- GONÇALVES, J.F. Jr.; FRANÇA, J.S.; MEDEIROS, A.O.; ROSA, C.A. e CALLISTO, M. 2006. Leaf breakdown in a tropical stream. *International Review of Hydrobiology*. v.91 p.164-177.
- KUHN, R., PATTARD, M., PERNAK, K.-D., WINTER, A., 1989. € Results of the harmful effects of water pollutants to *Daphnia magna* in the 21 day reproduction test. **Water Res.** v.23 p.501– 510.
- LEBLANC, G.A., 1980. Acute toxicity of priority pollutants to water flea (*Daphnia magna*). **Bull. Environ. Contam. Toxicol.** v.24 p.684–691.
- LANDEIRO, V.L.; HAMADA, N.; GODOY, B.S.; MELO, A.S., 2010. Effects of litter patch area on macroinvertebrate assemblage structure and leaf breakdown in Central Amazonian streams. **Hidrobiologia**. v.649 p.355-363.
- MARCOS MEDEIROS CAVALCANTI JÚNIOR, HEPP, L. U., MOLOZZI, J., & DILMA M DE BRITO MELO TROVÃO. 2018. Leaf traits of brazilian semiarid species as regulatory factors for associated aquatic invertebrates. **Journal of Limnology**. v.77 ed.3
doi:<http://dx.doi.org/10.4081/jlimnol.2018.1743>

- MAKKONEN, MARIKA et al. 2012. Highly consistent effects of plant litter identity and functional traits on decomposition across a latitudinal gradient. **Ecology letters**. v.15 p.1033-1041.
- PASCOAL, C.; PINHO, M.; CÁSSIO, F.; GOMES, P., 2003. Assessing structural and functional ecosystem condition using leaf breakdown: studies on a polluted river. **Freshwater Biology**. v.28 p.2033- 2044.
- PASCOAL C. & CASSIO F., 2004. Contribution of bacteria and fungi to leaf litter decomposition in a polluted river. **Applied and Environmental Microbiology**. v.70 p.5266–5273.
- TREVISAN, A. e HEPP, L.U., 2007. Dinâmica de componentes químicos vegetais e fauna associada ao processo de decomposição de espécies arbóreas em um riacho do norte do Rio Grande do Sul. **Neotrop. Biol. Conserv.** v.2 p.54-60.
- STUBBINGTON, R., BOGAN, M. T., BONADA, N., BOULTON, A. J., DATRY, T., LEIGH, C., & VANDER VORSTE, R., 2017. The biota of intermittent rivers and ephemeral streams: aquatic invertebrates. In *Intermittent rivers and ephemeral streams*. Academic Press. pp. 217-243..
- STANLEY EH, FISHER SG, GRIMM NB., 1997. Ecosystem expansion and contraction in streams. **BioScience**. v.47 p.427–435
- VANNOTE, R.; MINSHALL, G. W.; CUMMINS, K.W. & SEDELL, J.R., 1980. The river continuum concept. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**. v.37 p.130-137.
- WARING, B. 2013. Exploring relationships between enzyme activities and leaf litter decomposition in a wet tropical forest. *Soil biology and biochemistry*, v.64 p.89-95.
- XAVIER, R.A.; DORNELLAS, P.C.; MACIEL, J.S.; BÚ, J.C., 2012. Caracterização Do Regime Fluvial Da Bacia Hidrográfica Do Rio Paraíba – Pb. **Rev Tamoios**. v.8 p.15–28.
- WEBSTER JR., BENFIELD EF., 1986. Vascular plant breakdown in freshwater ecosystems. **Annual Review of Ecology and Systematics**. v.17 p.567-594