

ECOLOGIA DE RIOS INTERMITENTES TROPICAIS

MALTCHIK, L.

Grupo Ecologia de Rios do Semi-Árido
Departamento de Sistemática e Ecologia, Universidade Federal da Paraíba, Paraíba

RESUMO: Ecologia de rios intermitentes tropicais. Atualmente 10% da superfície terrestre brasileira está classificada como área semi-árida. Hoje em dia mais de 23 milhões de pessoas vivem nesta região, e os rios são ecossistemas vitais para as estratégias de sobrevivência da população humana. A principal característica climática do Semi-Árido brasileiro é a baixa quantidade e irregularidade da precipitação, com 1 a 11 meses de período seco. A diferença climática entre a região semi-árida brasileira e outras regiões semi-áridas é a pequena amplitude térmica anual. Este ritmo climático particular é o resultado da sua localidade geográfica, perto do Equador. Os rios do semi-árido brasileiro estão caracterizados por dois extremos hidrológicos: cheia e seca. A cheia e a seca são os agentes de perturbação naturais mais importantes destes ecossistemas e exercem forte influência na concentração de nutrientes, no intercâmbio de água superficial e hiporrêico, nas comunidades de perifiton, macrófitas, macroinvertebrados, peixes e na população ribeirinha.

Palavras-chaves: Rios temporários; perturbação hidrológica; cheia; seca; estabilidade; resistência; resiliência.

ABSTRACT: Ecology of tropical intermittent rivers. One tenth of the Brazilian surface is generally considered semiarid. Actually 23 million people live in this area and within this context, streams there are an essential part of the water cycle, and important to human survival strategies. The Brazilian semiarid region is characterized by irregular distribution and scarce amount of rainfall, during 1-11 months of dry periods. The main climatic difference between Brazilian semiarid region and other semiarid lands is the low annual thermal amplitude. This particular climatic rhythm results from its geographical location, near the Equator. Brazilian semiarid streams are characterized by extremes of flood and drought and these extremes are the most important natural disturbance agents. Flood and drought influence nutrient concentration, surface-hyporheic water exchange, in the communities of periphyton, macrophytes, invertebrates, fishes and human populations.

Key-words: Temporary streams; hydrologic disturbance; flood; drought; stability; resistance; resilience.

INTRODUÇÃO

De toda a superfície terrestre, 40% se classifica como zonas áridas (Rassol, 1984), e hoje em dia esta proporção vêm aumentando devido a processos de desertificação, variação climática e destruição das grandes florestas (Schessinger et al., 1990). Atualmente 20% da população humana vive nas regiões áridas e semi-áridas (Graf, 1988) e neste contexto, os rios intermitentes são extremamente importantes para a economia da região. Do ponto de vista hidrogeológico, a característica peculiar das regiões mais secas é seu escasso valor de recarga natural. Como consequência desse déficit climático, os processos de descarga nestas regiões são praticamente nulos, produzindo-se fundamentalmente nos leitos dos rios, quase sempre sistemas temporários ou efêmeros.

Hoje em dia existem diversas razões para se estudar os rios das regiões áridas, já que estes ecossistemas funcionam como amplificadores do desequilíbrio climático regional e local. Grimm & Fisher (1991) consideram diferentes aspectos que sustentam esta relação: 1° o nível freático dos rios intermitentes responde diretamente aos modelos de precipitação de uma região; 2° o funcionamento dos rios do semi-árido sofre influência das perturbações hidrológicas naturais; 3° os rios intermitentes representam o primeiro reflexo do que poderia acontecer com os rios das regiões mais úmidas com a expansão das zonas áridas (Grimm & Fisher, 1991).

Os rios de regiões semi-áridas apresentam duas fases de perturbação hidrológica: cheia e seca. Estes dois eventos exercem forte influência na organização e no funcionamento dos rios de regiões desérticas (Fisher et al., 1982; Fisher & Grimm, 1988) e mediterrâneas (Boulton & Lake, 1988; Ortega et al., 1988; Vidal-Abarca, 1990; Maltchik et al., 1994, 1996; Mollá et al., 1994, 1996).

No Brasil, aproximadamente 10% de seu território está classificado como região semi-árida. Aproximadamente 23 milhões de pessoas estão distribuídas nesta região (Ab'Saber, 1994/95), tornando os rios intermitentes, ecossistemas fundamentais para as estratégias de sobrevivência da população humana local (Maltchik, 1996a)

O clima semi-árido brasileiro é considerado um dos mais complexos do mundo, principalmente devido a seu sistema de circulação atmosférica. Pela sua proximidade ao Equador, seu ritmo climático é diferente da maioria das regiões semi-áridas. Enquanto os índices pluviométricos variam entre 200 e 800 mm de precipitação anual, originando importantes períodos de seca que variam entre 1 a 11 meses, a amplitude térmica anual é mínima (= 25 e 30 °C). Esta particularidade releva a esta região uma oportunidade única para a realização de estudos ecológicos comparativos entre ecossistemas de regiões semi-áridas.

A principal característica hidrográfica do Semi-Árido brasileiro é o caráter intermitente de seus rios. Esta característica está diretamente relacionada com a precipitação da região. Os rios e riachos são irregulares, onde o fluxo de água superficial desaparece durante seu período de estiagem. O domínio dos rios intermitentes está associado aos limites do clima semi-árido; inicia-se na calha do rio Parnaíba e se estende até o sul do sertão baiano. O rio Parnaíba comporta-se como o grande divisor de água entre os rios de diferentes regimes hidrológicos. Enquanto que em sua margem esquerda estão localizados os rios de características perenes, influenciados pelo clima tropical, na margem direita inicia-se a paisagem dos rios intermitentes, sob influência do clima semi-árido.

Os rios do Semi-Árido estão assentados sobre solos rasos e pouco permeáveis (litólicos) (Ab'Saber, 1994/95), o que dificulta o armazenamento de água nesta região. A vegetação predominante é a caatinga, composta por vegetação xérica dominada por mandacaru (*Cereus jamaru*), catingueira (*Caesalpinia pyramidalis*), facheiro (*Pilosocereus piauhiensis*) e xique-xique (*Pilosocereus gounellei*). Este tipo de vegetação não proporciona um manto protetor à região, aumentando ainda mais a perda de água.

Os rios do Semi-Árido apresentam dois tipos de regimes hidrológicos: o temporário e o efêmero. Enquanto que os rios temporários estão marcados pela presença de um fluxo de água superficial maior ao longo do seu ciclo hidrológico, e um período de seca sazonal, os rios efêmeros apresentam fluxo de água superficial somente após uma precipitação não previsível. Esta marcha sazonal pode variar anualmente, dependendo do modelo de precipitação anual (frequência, intensidade e duração). Um rio de características temporárias em um ano úmido, pode tornar-se um rio efêmero em um ano excessivamente seco (Maltchik, 1996b).

A principal característica geomorfológica dos rios do Semi-Árido é a presença de grandes avenidas e ausência de meandros. Apesar da temporalidade de seus fluxos, as águas dos rios do Semi-Árido chegam a desaguar no oceano Atlântico. Esta característica, além de evitar a salinização excessiva destes ecossistemas, a distingue de outras regiões áridas e semi-áridas, já que os sistemas de drenagem destas regiões geralmente se convergem para depressões fechadas (Ab' Saber, 1994/95).

Os rios do Semi-Árido brasileiro apresentam duas fases de perturbação hidrológica (a cheia e a seca) (Maltchik, 1996a). Estes dois eventos naturais têm efeitos importantes na variação do substrato (Pedro & Maltchik, 1996a), na concentração de nutrientes (Pedro & Maltchik, 1996b), nas comunidades de perifiton (Paez Barreto & Maltchik, 1996), macrófitas (Pedro & Maltchik, 1998), invertebrados (Silva Filho & Maltchik, 1996), peixes (Medeiros & Maltchik, 1997, 1998) e na população ribeirinha (Barbosa & Maltchik, 1998).

RESISTÊNCIA E RESILIÊNCIA DOS RIOS TEMPORÁRIOS DO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO

A ecologia dos rios intermitentes difere substancialmente dos rios permanentes. A principal diferença está na força que organiza estes ecossistemas. Enquanto que nos rios áridos as perturbações hidrológicas naturais exercem forte influência na sua organização, o efeito destes eventos são menos acentuados nos rios de regiões úmidas e temperadas.

O funcionamento dos rios intermitentes do Semi-Árido brasileiro será descrito neste trabalho, de forma resumida e sintética, enfocando principalmente os efeitos da cheia e da seca na estrutura e no funcionamento destes ecossistemas. Estes resultados são frutos de dois anos de intensas pesquisas realizadas em três rios intermitentes com diferentes níveis de estabilidade hidrológica, todos situados na bacia do rio Taperoá na região semi-árida paraibana de Cariris Velhos (Paraíba) (Fig. 1).

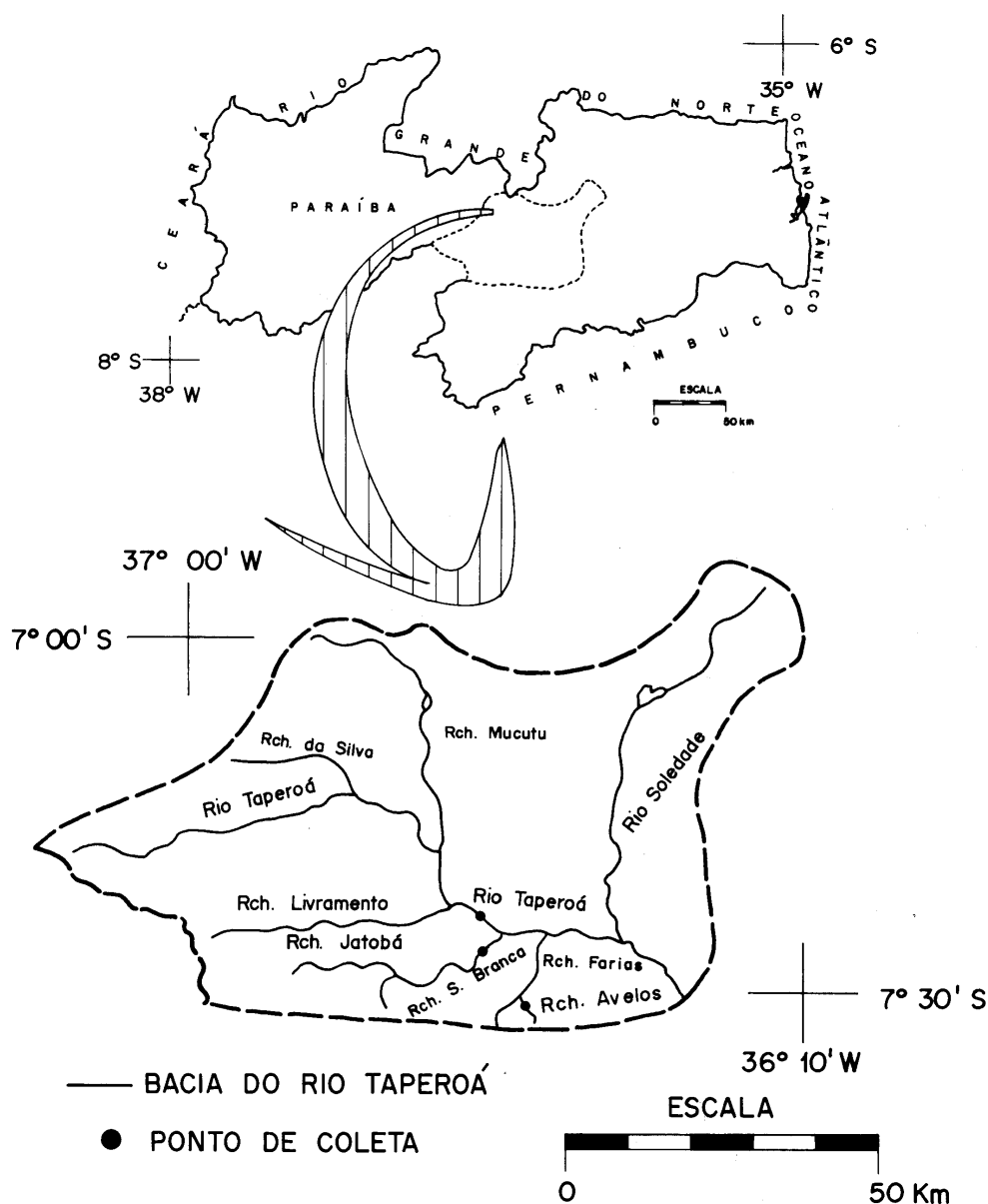


Figura 1: Localização geográfica da bacia do rio Taperoá (Paraíba), mostrando os três rios estudados: rio Taperoá (temporário), riacho Serra Branca (efêmero), e riacho Avelós (poça fluvial permanente).

Neste trabalho o conceito de perturbação hidrológica está diretamente relacionado com a idéia de estabilidade do ecossistema (Margalef, 1969; Webster et al., 1975; Sutherland, 1981). Este conceito não implica necessariamente na existência de um ponto de organização na qual o ecossistema sempre deve retornar (Sutherland, 1974; Connel & Souza, 1983). A estabilidade é a capacidade de resposta do ecossistema frente a uma perturbação e compreende tanto processos de resistência como de resiliência (Margalef, 1969, Webster et al., 1975; Sutherland, 1981; Pimm, 1984). A resistência e a resiliência podem ser definidas respectivamente como o grau que uma variável pode ser modificada após uma perturbação, e o tempo necessário que as variáveis retornem ao seu equilíbrio depois de sofrer uma perturbação (Pimm, 1984). Maltchik (1996b) apresenta maiores detalhes das características hidrológicas da cheia e da seca.

CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES

A concentração de nutrientes nos rios intermitentes da bacia do rio Taperoá é baixa e a relação atômica nitrogênio/fósforo menor do que sete identifica o nitrato como elemento limitante à produtividade primária nesta região.

A concentração média dos nutrientes é ligeiramente superior na água hiporrêica (sub-superficial) do que na água superficial, não qualificando a zona hiporrêica como reservatório natural de nutrientes. Durante a cheia, a concentração de nutrientes aumenta na água superficial, e a relação nutrientes superficial/hiporrêica pode inverter-se (Fig. 2). Após a cheia, o aumento na concentração de nutrientes na água superficial é conseqüência tanto da entrada de nutrientes proveniente da água de escorrentia como do aumento do intercâmbio positivo entre a água hiporrêica e superficial (ver Maltchik et al., 1997).

PERIFÍTON

Foram observados aproximadamente 25 gêneros de algas perifíticas na bacia do rio Taperoá. A composição perifítica varia ao longo do ciclo hidrológico, destacando gêneros específicos para cada fase hidrológica (cheia e seca). A magnitude da cheia influencia de maneira diferente a composição do perifiton nestes ecossistemas. Cheias de pequena e média magnitude diminuem o número de gêneros aderidos ao substrato, mas somente cheias de grande intensidade podem eliminar por completo a ocorrência destes organismos (Fig. 3).

A cheia diminui a biomassa perifítica nos rios desta região, mas estas comunidades são altamente resilientes nestes ecossistemas (baixa resistência e alta resiliência). Em algumas fases hidrológicas a recuperação da biomassa perifítica é muito rápida, relevando a cheia como um agente de retroalimentação positiva para estas comunidades.

O substrato e o intercâmbio de água entre a zona superficial e hiporrêica são componentes importantes na estabilidade perifítica destes ecossistemas. Substratos de granulometria grande (seixos e pequenas rochas) oferecem uma maior estabilidade de resistência e resiliência à comunidade perifítica que substratos de menor granulometria (areias e argilas). O intercâmbio de água positivo (movimento de água ascendente entre a zona superficial e hiporrêica) permite uma maior recuperação da comunidade perifítica em períodos pós-perturbação (cheia), devido à passagem de nutrientes do meio hiporrêico para o meio superficial.

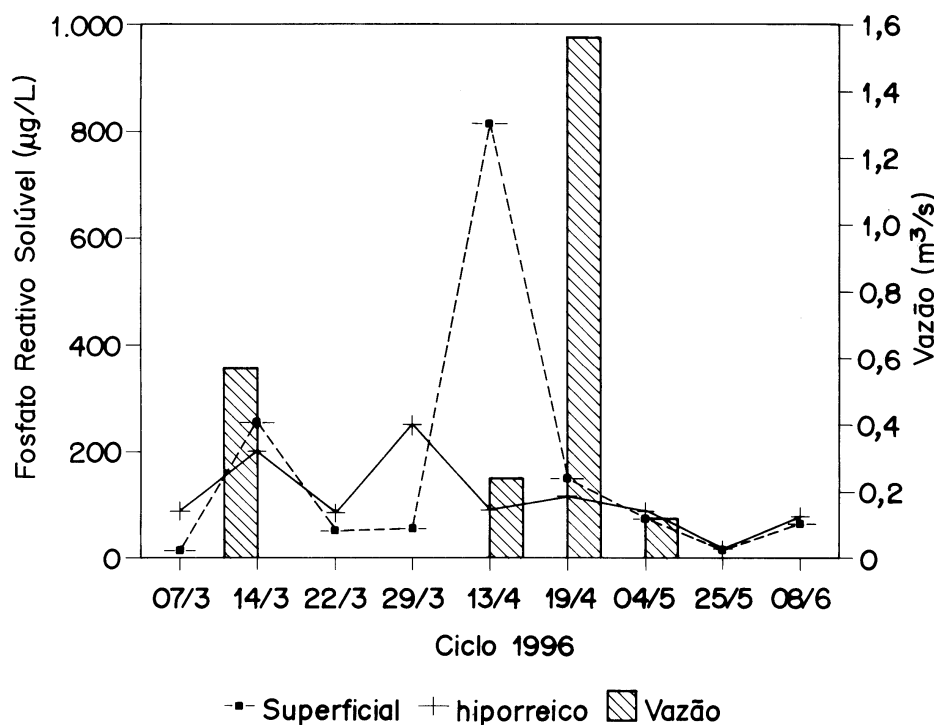


Figura 2: Concentração de fosfato superficial e hiporreico no riacho Serra Branca (Paraíba) ao longo do ciclo hidrológico de 1996.

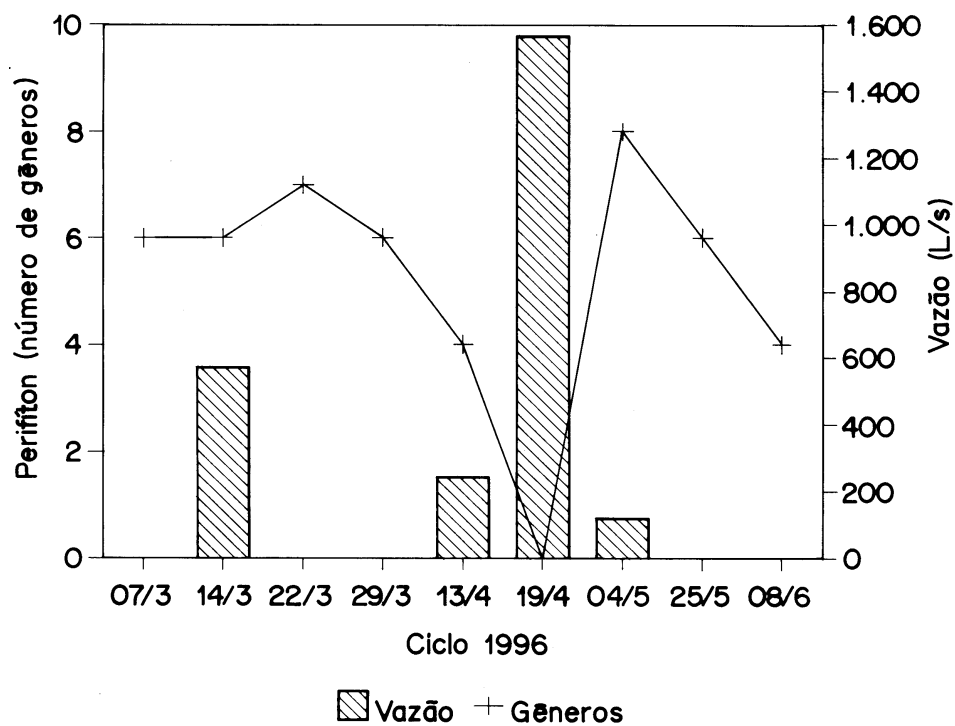


Figura 3: Variação da composição perifítica (número e gêneros) no riacho Serra Branca (Paraíba) ao longo do ciclo hidrológico de 1996.

MACRÓFITAS AQUÁTICAS

A ocorrência de macrófitas aquáticas é pequena nos rios intermitentes da bacia do rio Taperoá, e seu desenvolvimento está restrito à fase de poças ("Fase secando"). Esta característica é devido principalmente à limitação imposta pela cheia e seca. O maior desenvolvimento de macrófitas aquáticas foi observado nas zonas de ressurgências fluviais, ou poças fluviais permanentes, geralmente alimentadas por pequenos reservatórios de água sub-superficial (aluviais). Estas poças funcionam como verdadeiros refúgios para estas comunidades.

A cheia e a seca desempenham papel fundamental na estabilidade de *Najas marina* (Fig. 4). A cheia diminui a biomassa e influencia de maneira significativa a distribuição destas comunidades. Estas variações são conseqüência de dois processos: exportação e soterramento. Porém, estas comunidades se mostram altamente resilientes à cheia, podendo alcançar valores significativos de produtividade primária ($9 \text{ g/m}^2/\text{dia}$).

A população de *Najas marina* apresenta baixa resistência e alta resiliência frente às cheias. Entretanto cheias de alta magnitude podem destruir o domínio de atração desta comunidades, retardando por muito tempo o processo de resiliência.

Por outro lado, a seca exerce forte influência na composição e biomassa destas comunidades. A medida que a margem dos rios e riachos vão se estreitando, a população de *Najas marina* vai desaparecendo e sucessivamente surgem outras espécies que respondem melhor às menores condições de umidade.

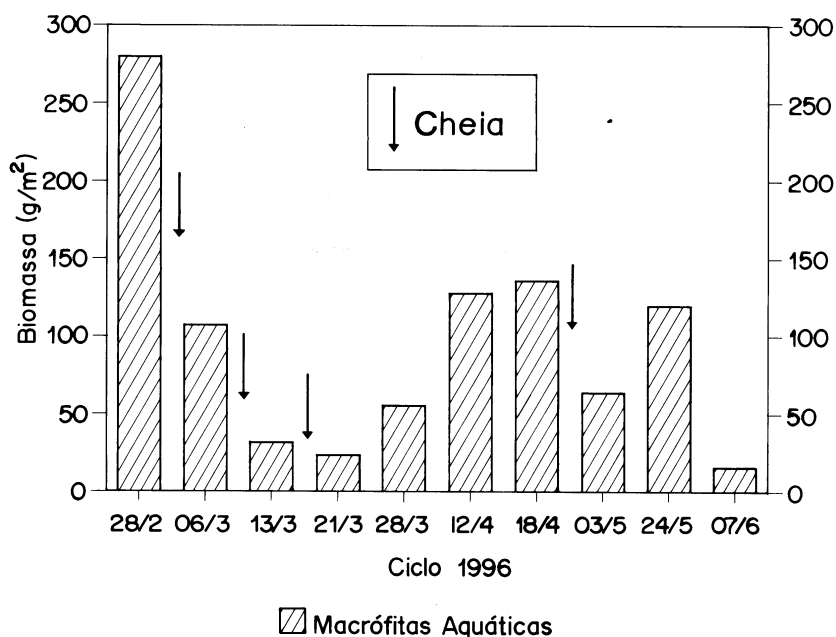


Figura 4: Densidade de *Najas marina* em uma poça fluvial permanente do riacho Avelós (Paraíba) ao longo do ciclo hidrológico de 1996.

MACROINVERTEBRADOS

A grande porcentagem de macroinvertebrados capturados nos rios e riachos intermitentes da bacia do rio Taperoá pertencem à classe Insecta (95%) e o restante distribuídos pelos outros grupos, com predomínio do Filo Mollusca. A cheia é um forte mecanismo de eliminação destes organismos nos rios do Semi-Árido, chegando a diminuir 100% a presença destes indivíduos após uma cheia. Por outro lado se pode observar a forte resiliência destas comunidades.

O efeito da cheia na diversidade, densidade e biomassa dos macroinvertebrados varia ao longo do eixo longitudinal dos rios. Foi observada uma maior resistência destas comunidades frente a cheia nos transectos que macrófitas aquáticas estavam presentes, demonstrando a importância da interação biológica na estabilidade dos macroinvertebrados.

O intercâmbio entre as águas superficial e hiporrêica influencia significativamente na recuperação destas comunidades nos períodos pós perturbação. Zonas de intercâmbio positivo se recuperam mais rapidamente (Fig. 5), como consequência tanto da passagem de nutrientes da água hiporrêica para a água superficial como também devido à maior resiliência da comunidade perifítica.

Por outro lado a seca exerce forte influência na comunidade de macroinvertebrados. Somente durante a fase de poças (Fase "Secando") foi observada a presença de macroinvertebrados bentônicos.

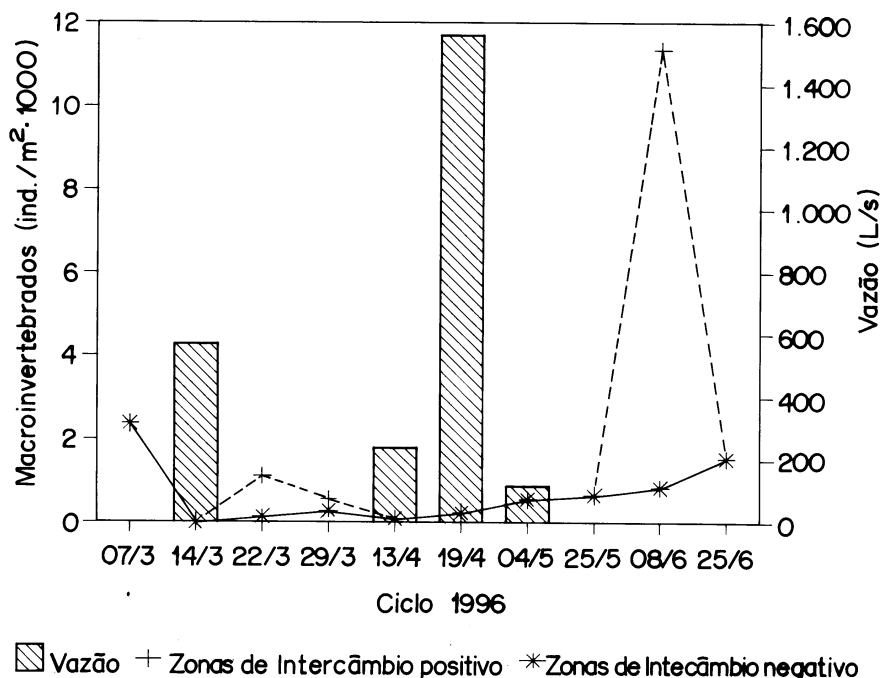


Figura 5: Densidade de macroinvertebrados bentônicos no riacho Serra Branca (Paraíba) ao longo do ciclo hidrológico de 1996.

PEIXES

Foram encontradas 16 espécies de peixes na bacia do rio Taperoá. Não foi observada a existência de espécies dominantes nestes ecossistemas ao longo do ciclo hidrológico anual, entretanto foi observada a presença de espécies dominantes nas diferentes fases hidrológicas (Fase úmida e Fase de poças). A cheia e a seca alteram a composição de peixes dominantes nos rios intermitentes desta bacia.

A diversidade de peixes é baixa nos rios do Semi-Árido (Fig. 6). Os dados de diversidade biológica tem demonstrado que não existe um modelo único de diversidade de peixes nestes ecossistemas, principalmente devido à variação no fluxo de água superficial destes ecossistemas. A cheia aumenta a diversidade de peixes, já que nesta fase todos os ecossistemas aquáticos ficam interligados através dos rios, permitindo a entrada de novas espécies na região (espécies exóticas). Durante a cheia, os rios se tornam verdadeiros corredores de transferência de informação biológica. Por outro lado, a bacia de drenagem exerce papel fundamental na diversidade desta comunidade. Rios com bacia de drenagem grande apresentam maior diversidade de peixes que rios com bacia de drenagem pequena.

A diversidade de peixes nos rios do Semi-Árido está inversamente relacionada com a estabilidade hidrológica (Fig. 6). Os rios de maior estabilidade hidrológica (presença de água permanente) apresentam índices de diversidade biológica menores que os rios hidrológicamente mais instáveis. Este padrão pode ser explicado pela presença de espécies dominantes em rios de maior estabilidade hidrológica.

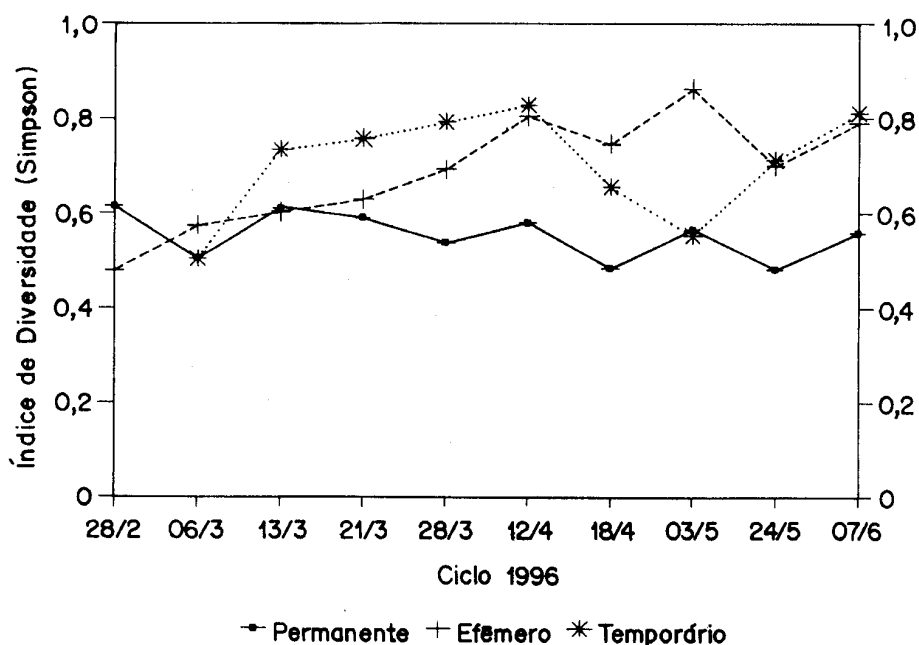


Figura 6: Diversidade de peixes no rio Taperoá (rio temporário), no riacho Serra Branca (riacho efêmero), e na poça fluvial permanente do riacho Avelós ao longo do ciclo hidrológico de 1996.

A maior atividade reprodutiva dos peixes ocorre no início do ciclo hidrológico (fase de reinundação) (Medeiros & Maltchik, 1998). Esta estratégia pode estar relacionada com a maior quantidade de espaço e alimento e menor competição durante a fase de fluxo de água contínua.

Durante a "Fase Secando", os peixes começam a ficar doentes em alguns riachos, tendo sido observado a ocorrência do ectoparasita *Leirnae cyprinacea* (Crustácea: Copépoda) em alguns riachos intermitentes (Medeiros & Maltchik, 1997). Este registro foi a primeira ocorrência deste parasita em riachos intermitentes de regiões semi-áridas e a primeira ocorrência deste parasita nos rios do Semi-Árido brasileiro.

A intensidade de infestação do ectoparasita nos peixes dos rios do Semi-Árido esteve mais relacionada com a diminuição do espaço e suas conseqüências diretas na dinâmica populacional (maior competição e predação), do que com a deterioração da qualidade da água das poças terminais. Durante a fase de poças, a temperatura, as concentrações de amônia e oxigênio dissolvido permaneceram constantes. Na fase de poças, os peixes ficam altamente estressados pela sua alta intensidade metabólica (evitar a predação e competição por alimento e espaço). Esta observação foi constatada *in situ*, já que nesta fase os peixes não apresentaram a reação habitual de se debater após as coletas.

HOMEM DE RIBEIRA

Para uma completa análise da seca e da cheia nos ecossistemas fluviais do Semi-Árido brasileiro, faz-se necessário levar em conta o aspecto humano e social da região. O interesse em articular a questão bio-morfológica com a morfologia social se apoia no pressuposto da ecologia cultural de que o elemento humano é parte indissociável das questões ambientais e harmônica com os ciclos da natureza.

Os rios intermitentes são fundamentais para a economia do homem de Ribeira. As comunidades humanas testemunham que as características da paisagem e sua percepção pelo meio ambiente, influenciam o desenvolvimento de estratégias de sobrevivência, potencializando sua capacidade de maximizar os processos adaptativos.

Após um período de estiagem, a cheia surge como um evento importante para a resiliência das comunidades que vivem nos sítios. Esta resiliência se manifesta a partir da economia de esforços empregados na busca e no transporte de recursos hídricos e culmina com o resgate da tranquilidade até então ameaçada pela escassez de água e possibilidades de perdas dos bens produtivos, com inevitáveis rupturas sociais.

A presença de água no leito dos rios e nas imediações das residências determina para os indivíduos a noção de propriedade de águas, mas se nota um forte senso de solidariedade entre os indivíduos da comunidade quanto a esse recurso. A qualidade desta água define sobre a multiplicidade de seu uso. Parte da água é destinada à pecuária, agricultura e à piscicultura.

Os indivíduos destinam parte de seu tempo para amenizar o problema da escassez dos recursos hídricos, escavando poços, cacimbas, barreiros, transportando água e levando a criação para açudes. A busca de água envolve todos os membros da família tanto na estratégia de busca quanto no seu gerenciamento.

PERTURBAÇÃO HIDROLÓGICA E FUNCIONAMENTO DE RIOS INTERMITENTES

As zonas úmidas do Semi-Árido brasileiro estão caracterizadas principalmente por rios intermitentes. Estes ecossistemas representam verdadeiros refúgios de água para a biota da região, contribuindo muito para a diversidade biológica e paisagística.

O conhecimento holístico do funcionamento dos ecossistemas fluviais é o grande desafio dos biólogos e limnólogos. Pesquisadores tem debatido ao longo de vários anos sobre a importância relativa entre os fatores abióticos (perturbação hidrológica) e bióticos (competição e predação) na organização das comunidades aquáticas e no funcionamento geral dos ecossistemas fluviais. Se as perturbações hidrológicas forem de grande magnitude e muito frequentes durante o ciclo hidrológico, a cheia e a seca exercerá maior influência na organização geral dos ecossistemas fluviais que os recursos naturais (nutrientes e matéria orgânica) e as interações biológicas.

Nos rios do Semi-Árido brasileiro, a perturbação hidrológica representa o grande elemento organizador da estrutura e do funcionamento destes ecossistemas. Os atributos da cheia e da seca (intensidade, duração, frequência e previsibilidade) são os agentes que exercem maior influência nos padrões e modelos de sucessão ecológica das comunidades aquáticas ao longo de cada ciclo hidrológico. Perturbações de baixa e média magnitudes podem ou não retardar a sucessão ecológica das comunidades aquáticas, variando de acordo com o potencial homeostático de cada comunidade. Perturbações hidrológicas de grande magnitude podem romper o domínio de atração de algumas comunidades, retardando por muito tempo ou até mesmo impedindo o seu restabelecimento (extinção). A frequência também é um importante componente na dinâmica sucessional das comunidades aquáticas. Apesar de exercer menor influência que a magnitude, a frequência retarda o reinício do desenvolvimento das comunidades aquáticas (resiliência).

Por fim, vale a pena destacar a importância da zona hiporrêica e do intercâmbio entre a água superficial e hiporrêica na estabilidade de resistência e resiliência das comunidades aquáticas nos rios e riachos intermitentes do Semi-Árido brasileiro.

AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa está sendo financiada pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, Proc. 523706/95.2) e Financiadora de Estudos e Projetos (Finep, Proc. 1919-95). Gostaria de agradecer a todos os pesquisadores vinculados ao Grupo de Ecologia de Rios do Semi-Árido da Universidade Federal da Paraíba pelo apoio nas atividades de campo e a dois consultores anônimos pelos comentários úteis referentes a este manuscrito.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ab'Saber, N.A. 1994/95. No domínio das caatingas. Em pp. 37-46, S. Monteiro e L. Kaz (eds.), *Caatinga*. Rio de Janeiro: Livroarte Editora.
- Barbosa, C.B. & Maltchik, L. 1998. Stability of riverine and sociocultural diversity in Brazilian intermittent rivers of the Semi-Arid. *Anais do IV Simpósio de Ecossistemas Brasileiros*, 2: 312-320. Pub. Aciesp no 104
- Boulton, A.J. & Lake, P.S. 1988. Australian temporary streams - some ecological characteristics. *Internationale Vereinung für Theoretische und Angewandte Limnologie*, 23: 1380-1383.
- Connel, J.H. & Souza, W.P. 1983. On the evidence needed to judge ecological stability or persistence. *American Naturalist*, 121: 789-824.
- Fisher, S.G. & Grimm, N.B. 1988. Disturbance as a determinant of structure in a Sonoran Desert stream ecosystem. *Internationale Vereinung für Theoretische und Angewandte Limnologie*, 23:1183-1189.
- Fisher, S.G., Gray, J.L., Grimm, N.B. & Bush, D.E. 1982. Temporal succession in a desert stream ecosystem following flash flooding. *Ecology Monographs*, 52:93-110.
- Graf, W.L. 1988. *Fluvial processes in dryland rivers*. Springer-Verlag, Berlin, pp. 346.
- Grimm, N.B. & Fisher, S.G. 1991. Responses of arid lands streams to changing climate. pp 211-233 em Firth, P. & Fisher, S.G. (eds.) *Troubled Waters of the Greenhouse Earth: Climate change Water resources, and Freshwater ecosystem*. Springer-Verlag, New York.
- Maltchik, L. 1996a. Nossos rios temporários, desconhecidos mas essenciais. *Ciência Hoje*, 21:64-65
- Maltchik, L. 1996b. Perturbação hidrológica e zona hiporrêica: Bases fundamentais para pesquisas nos rios temporários do Semi-Árido brasileiro. *Revista Nordestina de Biologia*, 11: 1-13.
- Maltchik, L., Mollá, S., Casado, C. & Montes, C. 1994. Measurement of nutrient Spiralling in a Mediterranean Stream. Comparison of two extreme Hydrological Periods. *Archiv für Hydrobiologie* 130: 215-227.
- Maltchik, L., Montes, C., Casado, C. 1996. Measurement of nutrient spiralling during a period of continuous surface flow in a mediterranean temporary stream. *Hydrobiologia*, 335: 133-139.
- Maltchik, L., Molla, S., Montes, C. 1997. Influence of flash flooding on nutrient concentration and surface-hyporheic water exchange in a temporary stream (S W Spain). *Ciência e Cultura*, 49: 190-194.
- Margalef, R. 1969. Diversity and Stability: a practical proposal and a model of interdependence. *Brookhaven Symposium Biology*, 22: 25-37.
- Medeiros, E.S.F. & Maltchik, L. 1997. Parasita ataca peixes nos rios do Semi-Árido. *Revista Ciência Hoje*, 130: 66-67.
- Medeiros, E.S.F. & Maltchik, L. 1998. Implications of hydrological extremes in fish reproductive period in a temporary river of Brazilian Semi-Arid (Taperoá, PB). *Anais do IV Simpósio de Ecossistemas Brasileiros*, 2: 329-339. Pub. Aciesp n° 104.
- Molla, S., Maltchik, L. & Casado, C. 1994. Primeros datos sobre el metabolismo de un arroyo temporal mediterráneo de Sierra Morena (Cordoba). *Limnética*, 10: 59-67.
- Molla, S., Maltchik, L., Casado, C. & Montes, C. 1996. Particulate organic matter and ecosystem metabolism in a temporary mediterranean stream of SW Spain. *Archiv für Hydrobiologie*, 137: 59-76.
- Oortega, M., Vidal-Abarca, M.R., Suarez, M.L., Gonzales-Beseran, J.L. & Ramirez-Diaz, L. 1988. Características físico-químicas de las aguas superficiales de la Rambla del Moro despues de una riada (Cuenca del Rio Segura, SE de Espana). *Limnética*, 4: 19-26.
- Paes-Barreto, A.L. & Maltchik, L. 1996. Capacidade de resistência e resiliência de perifiton frente a cheia em um riacho efêmero do Semi-Árido Brasileiro (Riacho Avelós, PB). III Congresso de Ecologia do Brasil, Brasília, DF, pp 374.
- Pedro, F. & Maltchik, L. 1996a. Efeito da cheia na variação do sedimento de três rios intermitentes da região semi-árida do Brasil. *IV Reunião Especial "Semi-Árido: No terceiro milênio, ainda um desafio"*, Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), Feira de Santana, BA, pp. 448-449
- Pedro, F. & Maltchik, L. 1996b. Variação temporal da concentração de nutrientes da água superficial e hiporrêica de três rios intermitentes da região semi-árida do Brasil. *IV Reunião Especial "Semi-Árido: No terceiro milênio, ainda um desafio"*, Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), Feira de Santana, BA, pp. 449-450

- Pedro, F. & Maltchik, L. 1998. Domain of Attraction vs Magnitude of disturbance: a study of aquatic macrophytes in the Brazilian Semi-Arid. *Anais do IV Simpósio de Ecossistemas Brasileiros*, 2: 340-348. Pub. Aciesp no 104.
- Pimm, S.L. 1984. The complexity and stability of ecosystems. *Nature*, 307: 321-326.
- Rasool, S.I. 1984. On dynamics of deserts and climate. pp. 107-120 em J.T. Houghton (ed.) *The global climate*, New York: Cambridge University Press.
- Schleinger, W.H., Reynolds, J.F., Cunningham, G.L., Huennke, L.F., Jarrell, W.M., Virginia, R.A. & Whitford, W.G. 1990. Biological feedbacks in global desertification. *Science*, 247: 1043-1048.
- Silva-Filho, M.I. & Maltchik, L. 1996. Efeitos da cheia na comunidade de macroinvertebrados de um riacho intermitente do Semi-Árido Brasileiro (Riacho Serra Branca, PB). III Congresso de Ecologia do Brasil, Brasília, DF, pp 115.
- Sutherland, J.P. 1974. Multiple stable points in natural communities. *American Naturalist*, 108: 859-873.
- Sutherland, J.P. 1981. The fouling community at Beaufort, North Caroline: a study in stability. *American Naturalist*, 118: 499-519.
- Vidal-Abarca, M.R. 1990. Los ríos de las cuencas áridas y semiáridas. Una perspectiva ecológica, comparativa y de síntesis. *Scientia Gerundensis*, 16: 219-228.
- Webster, J.R., Waide, J.B. & Patten, B.C. 1975. Nutrient recycling and the stability of ecosystems. pp. 1-27 em F.G. Howell, Gentry, J.B. & Smith, M.H. (eds.) *Mineral cycling in southeastern ecosystems* ERDA Symposium series, Washington, D.C.